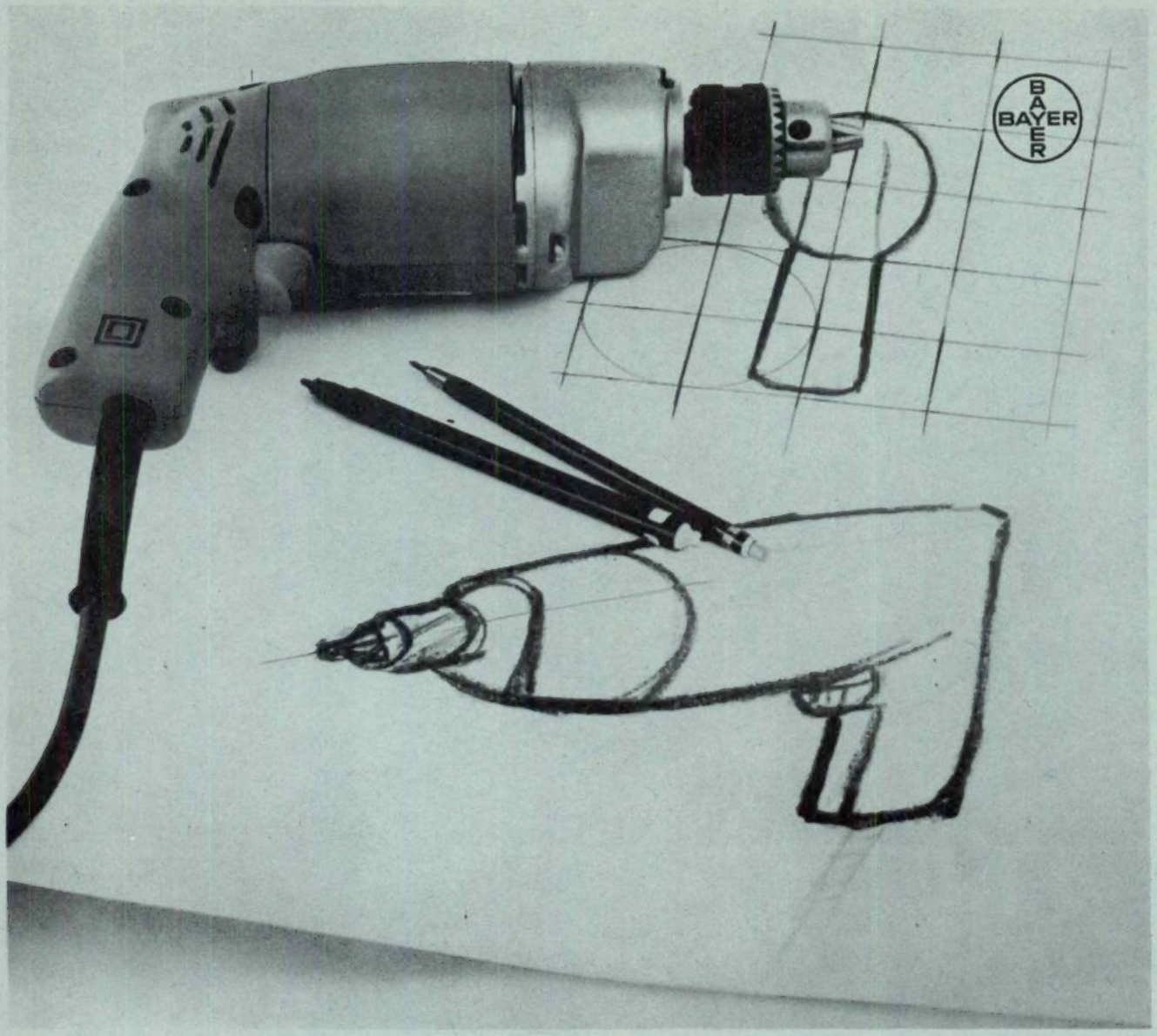


4110

O Durethan BKV oferece elevada resistência mecânica, inclusive ao calor

Será uma vantagem ou um inconveniente?

O material pode ter uma ou outra coisa. Os construtores e desenhadores sabem o que isso significa.
É por isso que escolhem, hoje, o ®Durethan BKV para caixas de aparelhos eléctricos. É um plástico que possibilita, graças à fluidez da sua massa em fusão, a concepção de qualquer forma, quase sem limites.
Há que observar, apenas, as normas gerais de construção, aplicáveis a peças de moldagem por injecção.
O Durethan BKV satisfaz exigências inconciliáveis com qualquer outro material.
O Durethan BKV oferece elevada resistência mecânica - até agora reservada aos metais - inclusive ao calor, estabilidade dimensional, e todas as demais vantagens de um plástico de superior qualidade, como leveza, «duplo isolamento» sem o perigo de fortes cargas electrostáticas (de modo que à superfície não se produzem pontes condutoras formadas pela fuligem ou pelo pó de metais), baixo custo de fabrico, em virtude da produção racional em grande escala pelo processo de moldagem por injecção, e grande variedade de cores.
O Durethan BKV resiste aos óleos, às gorduras e à maioria dos produtos químicos, possui elevada resistência à tracção e rigidez, a par dum bom factor de carga dinâmica. A dilatação térmica assemelha-se à das ligas de metais leves (até 170°C).
O Durethan BKV preenche uma lacuna de material que dificultava frequentemente o trabalho de construtores e desenhadores.
É importante saber mais alguma coisa sobre o Durethan BKV - uma poliamida de Bayer Alemanha.

Bayer Alemanha

durethan

Representante em Portugal:
S.A.R.L. Quimicor
Lisboa, Rua Sociedade Farmacêutica, 3, Tel. 42194,
Porto, Rua de Santos Pousada, 441, Tel. 54141

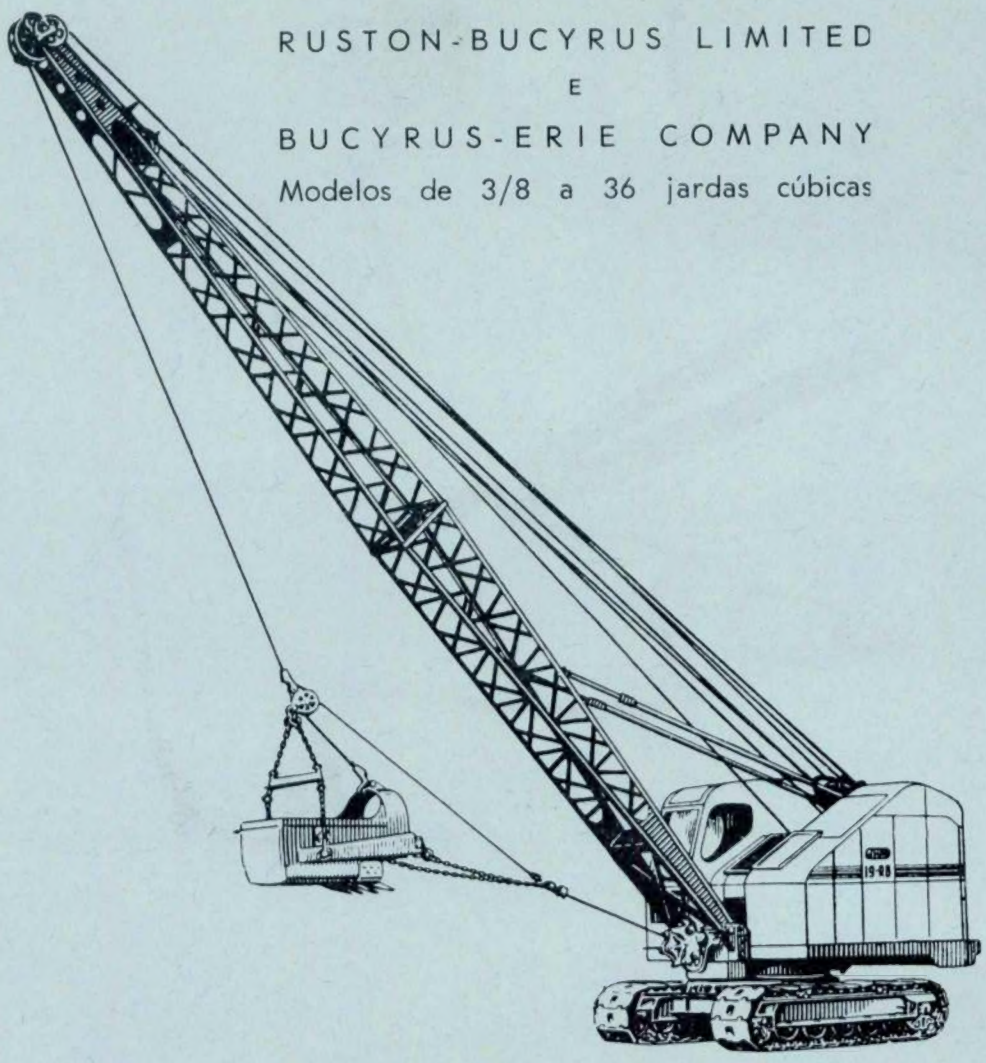
ESCAVADORAS

RUSTON-BUCYRUS LIMITED

E

BUCYRUS-ERIE COMPANY

Modelos de 3/8 a 36 jardas cúbicas



Escavadoras modelo 19 RB,

As escavadoras RUSTON-BUCYRUS e BUCYRUS-ERIE são as mais conhecidas mundialmente e as mais utilizadas em todo o território português

Stock permanente de peças sobresselentes ★ Oficina de reparações
Técnicos e mecânicos especializados ★ Ensino e treino de operadores

Representantes exclusivos para Portugal Continental e Angola

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

RUA CASCAIS, 47 (ALCÂNTARA) ★ **LISBOA**

LISBOA LUANDA

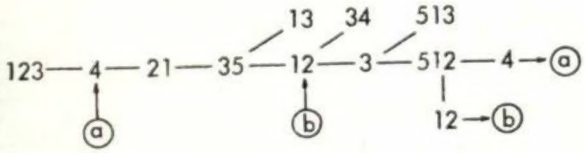
A única possibilidade de mensagem ambígua reside na decomposição da última palavra em 213 e 5. Bastaria que a palavra 5 fosse 25 para que o código fosse reconhecido como separável, o que conduz à seguinte condição suficiente de separabilidade: um código é separável se o conjunto dos prefixos é vazio.

Chamando simples a um código onde nenhuma palavra é composta, podemos dizer que os códigos simples são separáveis.

O conjunto dos prefixos é neste exemplo (213). O procedimento terminará se 213 for atingido como *sufixo*.

Os sufixos de S_1, os de primeira ordem, que se obtêm procurando as palavras derivadas de S que podem originar uma mensagem ambígua, são 4 e 124. Há uma só continuação possível, 421, de onde se tira o sufixo de S_2, 21, com a continuação 35.

Continuando, e resumindo o processo numa árvore, tem-se



Observe-se que as continuações, ou terminaram ou fecharam em ciclo, sem que tenham conduzido a 213; pode pois concluir-se que o código é separável.

(Fim do problema)

Como de cada passo se obtém pelo menos uma continuação e como elas não excedem ao todo $\nu(N-1)$, sendo ν o número de palavras e N o maior comprimento, acabam por obter-se pela segunda vez todas as continuações viáveis, que tenham sido encontradas uma primeira, e a fechar em ciclo todo o processo. Se antes disso se atingiu algum prefixo, terminou-se uma mensagem ambígua; se não, o código é separável. Estamos pois habilitados a dar uma descrição mais sugestiva do procedimento de Sardinas e Patterson, e a encurtá-lo, eventualmente.

Chamemos sufixo de uma sucessão de letras do alfabeto de um código, não decomponível em palavras seguidas duma sucessão terminal, a uma sucessão de letras que em seguimento dela, termina uma palavra do código. Quando a sucessão for das que se decompõem como se disse, um sufixo é qualquer sufixo da parte terminal. Assim, se uma palavra do código tem derivadas, os diversos sufixos são sufixos neste novo sentido. Continuar uma palavra que tenha derivadas é fazê-la seguir de um dos seus sufixos, este sufixo de um dos seus sufixos, e assim sucessivamente até se obter ou um sufixo sem sufixos ou um sufixo já aparecido. Diz-se então que a continuação terminou.

Teorema 2.3: *As condições das palavras de um código terminam todas. Se qualquer sufixo atingido é prefixo de uma palavra do código, o código é ambíguo; a mensagem, que vem da palavra inicial até esta última palavra, pode ler-se de mais de uma maneira. Quando não houver prefixos, ou nenhum prefixo for atingido antes de acabadas todas as continuações, o código é separável.*

As demonstrações correntes do teorema, no enunciado que lhe deram os autores, podem ser longas e um tanto embrulhadas (veja-se, Ash, p. 29 a 33).

Exercício 2.1: Dar uma demonstração formal do teorema anterior.

Como os códigos não primitivos não são imediatamente separáveis, há motivação para a sua substituição por códigos primitivos. Em geral, a substituição de códigos faz-se sem perca, isto é, sem aumento do comprimento médio das palavras, quando cada palavra seja substituída por uma do mesmo comprimento. Neste caso, a possibilidade duma tal substituição é garantida por um resultado de McMillan que estende aos códigos separáveis não primitivos a desigualdade de Szilard-Kraft.

Teorema 2.4: *Se um código separável num alfabeto de* b *letras tem a fórmula* $(n_1, \ldots, n_N)$ *então*

$$\sum_{k=1}^{N} \frac{1}{b^{n_k}} \leqslant 1 .$$

Ora, se a fórmula de um código qualquer satisfaz a esta condição, como também há um código primitivo com a mesma fórmula, pode-se fazer a substituição dum código por outro, palavra por palavra do mesmo comprimento.

Já que a demonstração avançada por McMilan não elucida as motivações, procuremos elucidar os factos explorando umas situações simples.

Problema 2.3: *Construir um código binário em que se viole a condição* $2n_k + n_{k+1} \leqslant 2^{k+1}$ *e verificar que não é separável. Construir um código binário separável e verificar que satisfaz à condição.*

O caso mais simples de um *código binário que viola a condição* é o código binário de fórmula (1,3) do qual temos dois casos essencialmente distintos

0	0
00	01
01	10
10	11

No primeiro caso há uma palavra com derivadas, 0. O sufixo com que se faz a palavra derivada 00 é, ele próprio, uma palavra; de onde uma primeira sucessão ambígua. Também há duas palavras compostas por prefixação de uma palavra, 00 e 10. O critério modificado encontra logo o prefixo 1 de uma destas palavras; a sucessão 010 é ambígua. No segundo caso, tem-se também uma palavra com o prefixo 1 que é encontrado na continuação 0-1; a sucessão 010 volta a ser ambígua.

Resta verificar que *há um código não primitivo de fórmula (1,2)*. Tendo 0 não pode ter 00; terá que ter 01. Tendo 0 e 01 não pode ter 10; terá que ter 11. O código (0:01:11) não tem prefixos e é, portanto, separável.

Tiremos de isto que acabamos de ver, apoiados no critério modificado, algumas regras gerais de exclusão, para códigos binários separáveis. Por exemplo, se certo código tiver as palavras (de k e k + 1 letras)

a . . .
. . . a
a . . . a

onde os segmentos não especificados são idênticos e a representa um certo bínito, o código é ambíguo; o prefixo da última palavra apareceria como sufixo da primeira conduzindo à mensagem ambígua a . . . a . . . a . Também, se coexistirem as palavras (onde a e b representam bínitos diferentes e os segmentos não especificados são idênticos)

a . . .
. . . a
a . . . b
b . . . a

o código é ambíguo, visto que o prefixo da última palavra aparece como sufixo da primeira. Donde a

Regra de exclusão: 'a . . . 'e '. . . a' *excluem* 'a . . . a'; *aceitam* 'a . . . b', *excluindo então* 'b . . . a'.

Construamos agora um código binário separável com palavras até ao comprimento 3. Façamos $n_1 = 0$, $n_2 = 3$ e vejamos que n_3 se consegue depois de aplicado o critério modificado como regra de exclusão. No quadro seguinte estão os dois casos que são essencialmente distintos quanto à escolha das palavras de comprimento 2. Todas as palavras de comprimento 3 se registam; para as excluídas, indicam-se as mensagens ambíguas que motivam a exclusão; para as incluídas indica-se o motivo de inclusão.

00	
01	
10	
000	00'0'00
001	00'1'0'01
010	01'0'10
011	(não tem prefixo)
100	01'1'00
101	10'1'01
110	01'1'10
111	(não tem prefixo)

00	
01	
11	
000	00'0'00
001	(ciclo fechado: 00'1'1')
010	01'0'01
011	(ciclos fechados: 01'1'1')
100	01'1'00
101	01'1'01
110	11'0'01
111	11'1'11

A condição é respeitada por ambos os códigos.

A "anatomia" dos semicondutores, em 230 páginas...
...nos dois dos novos catálogos de semicondutores da AEG.

Neles encontrará, os dados técnicos, as tabelas e os circuitos de que necessita para o seu caso ou outras aplicações. Quer se trate de unidades simples ou de jogos comandáveis por tiristores: fornecemos sempre o mais indicado para o seu problema.
Se tiver um caso de solução particularmente difícil, por exemplo que requeira alta velocidade de ignição: a AEG, com o seu princípio do "emissor de campo transversal" está à testa da evolução de semicondutores. As mais recentes técnicas de produção garantem a alta qualidade, proverbial dos nossos produtos.
Os diodos de silício da AEG cumprem tudo o que se pode pedir destes elementos: Possibilidade em c. c., de 200 a 800 V (tensão de bloqueio), com 4 a 220 A (intensidade) por célula rectificadora.

Para mais pormenores poderá V. Exa. consultar os nossos catálogos, que lhe enviaremos com o máximo prazer.
Se preferir, no entanto, aconselhar-se pessoalmente, visite-nos na

dist. Belarte

AEG

LUSITANA DE ELECTRICIDADE, SARL
LISBOA **PORTO**

A Imperial Chemical Industries (Portugal) S.A.R.L. foi constituida em 1965 a fim de assegurar a expansão neste país das actividades da Imperial Chemical Industries Ltd. e consequentemente alargar a gama dos produtos da ICI empregados pela indústria portuguesa. A ICI é a maior fabricante de produtos químicos da Europa que compreendem mais de 121.000 substâncias químicas e materiais afins e são vendidos em todo o mundo. 10.000 investigadores estão constantemente empenhados na evolução de novos e cada vez melhores produtos e processos para apressar o progresso nas muitas indústrias que a ICI serve. Os produtos da ICI têm a mais alta reputação em todo o mundo, não sòmente pelas suas qualidades intrínsecas mas também por uma assistência técnica de primeira ordem, à disposição dos clientes.

IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES /PORTUGAL/S.A.R.L.

A Imperial Chemical Industries (Portugal) S.A.R.L. põe ao alcance de quantos empreguem os seus produtos os serviços técnicos da ICI, que dispõe de especialistas versados não sòmente em todos os problemas da indústria química em geral, mas também nos das indústrias dos seus clientes.

Alguns dos produtos na gama da
Imperial Chemical Industries (Portugal) S.A.R.L.:

Produtos químicos orgânicos e inorgânicos
Catalizadores · Solventes
'Alfloc'—produtos para tratamento de águas
'Trisec'—aditivo para secagem de metais
'Cereclor'—plastificantes secundários
'Winnofil'—carbonato de cálcio activado
'Alloprene'—borracha clorada
Pergamoides e telas de plástico
Cartuchos de caça 'Eley'
Corantes e produtos auxiliares · Pigmentos
'Terylene'—fibra poliester · BRI-Nylon
'Ulstron'—fibras de polipropileno
Isocianatos para espumas rígidas e flexíveis e revestimentos
Silicones · Produtos químicos para borracha
'Butakon'—borrachas de estireno e acrilonitrilo
'Perspex'—chapa acrílica
'Diakon'—polímeros acrílicos
'Alkathene'—polietileno
'Maranyl'—nylon para injecção e extrusão
'Mouldrite'—pós de moldar de urea-formol
'Corvic' e 'Welvic'—polímeros e composições de PVC
'Melinex'—filme de poliester
Metais raros IMI. Titânio e Zircónio*
**Imperial Metal Industries Ltd.—uma companhia subsidiária da ICI*
*'Tioxide'**—diõxido de Titânio*
***British Titan Products Co. Ltd.—uma companhia associada da ICI*
Produtos para protecção de plantas
'Arcton'—gáses para refrigeração e aerosóis

IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES /PORTUGAL/S.A.R.L.

Para informações complementares sobre estes produtos e as suas aplicações é favor escrever ou telefonar para:

Imperial Chemical Industries (Portugal) S.A.R.L.
(Companhia subsidiária da
Imperial Chemical Industries Ltd., London, England)
R. Filipe Folque No. 2-1°
Lisboa. Telef: 53 8995

PRP 184

Empregue aglomerados negros de cortiça

ISOLA

e obterá o melhor isolamento

térmico
acústico
vibrático

SOCIEDADE COMERCIAL DE ISOLAMENTOS DE CORTIÇA, LDA.

Av. António Augusto de Aguiar, 17 — Lisboa

Telefone •• 537191/6

LISNAVE

ESTALEIROS NAVAIS DE LISBOA, S. A. R. L.

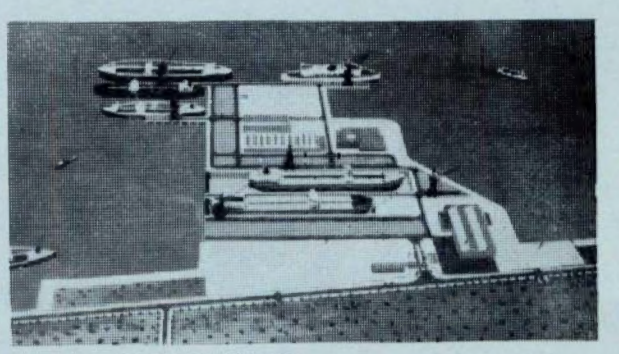
Estaleiro da Rocha 67 61 71 (8 linhas); 67 50 61 (8 linhas) — Direcção Geral 67 70 21 (8 linhas)
Estaleiro da Margueira 27 10 26 • Ender. Teleg. LISNAVE - LISBOA • Apartado 2138

2 ESTALEIROS NO PORTO DE LISBOA

ROCHA
EM FUNCIONAMENTO DESDE 1907
5 DOCAS SECAS
PARA NAVIOS ATÉ 18.000 T. D. W.
2 CARREIRAS DE CONSTRUÇÃO
PARA NAVIOS ATÉ 5.000 gr. t.

MARGUEIRA
EM FUNCIONAMENTO A PARTIR DE 1967
2 DOCAS SECAS
PARA NAVIOS ATÉ 200.000 T. D. W.
ESTAÇÃO DE LIMPEZA DE TANQUES DE NAVIOS PETROLEIROS

REBOCADOR DE MAR PRAIA DA ADRAGA
Const.ª n.º 129 — p.ª a S. G. — entregue em 1952



ESTALEIRO DA MARGUEIRA
(Em construção)

C. D. U. 517.521.2

UM APONTAMENTO SOBRE SÉRIES ÚTIL PARA O CÁLCULO DE LIMITES

por ÁLVARO BENTO LEAL
Engenheiro Mecânico

RESUMO

Apresenta-se, como generalização dum resultado conhecido (Cauchy), uma expressão que relaciona os limites duma série e dum integral.

Justifica-se a sua aplicação no cálculo de limites.

SYNOPSIS

Generalizing a well known result (Cauchy), the author presents an expression which states de relation between the limits of a series and of an integral.

Its application to the calculation of limits is justified.

O critério de Cauchy para aferir a convergên-de uma série $\sum_{a}^{n} f(n)$ em que $f(x)$ é uma função contínua positiva monòtonamente decrescente com $\lim_{n=\infty} f(x) = 0$, pode obter-se [1] a a partir da seguinte relação:

$$\sum_{a+1}^{n} f(x) \geqslant \int_{a}^{n} f(x)\,dx \geqslant \sum_{a}^{n-1} f(n) \qquad (1)$$

e diz que $\sum_{a}^{n} f(n)$ converge ou diverge conjuntamente com $\int_{a}^{n} f(x)\,dx$.

Pode ainda obter-se outra relação mais precisa a partir de (1). Essa relação exprime-se [2], por:

$$\lim_{n=\infty} \left[\sum_{a}^{n} f(n) - \int_{a}^{n} f(x)\,dx \right] = K \qquad (2)$$

onde K está compreendido entre 0 e f (a).

Mas é possível estabelecer relações análogas a (1) e (2) em condições mais gerais impondo ùnicamente a f (x) a restricção de ser contínua e monótona; isto, a nosso conhecimento, não é apresentado nos livros de Matemática mais correntemente utilizados pelos engenheiros. O nosso objectivo é demonstrar o que foi indicado e justificar a utilidade de tal análise.

Para isso consideramos os seguintes casos:

A — f (x) contínua, monòtonamente decrescente e positiva para $x \geqslant a$ (a inteiro)

Não nos preocupamos com o caso de $\lim_{n=\infty} f(n) = 0$ pois este é objecto da análise de Cauchy.

Portanto, no nosso caso, $\lim_{n=\infty} f(n) = A$ em que A é finito. Nestas condições é evidente que $\lim_{n=\infty} \sum_{a}^{n} f(n) = \infty$.

Da Fig. 1 tira-se

$\sum_{a+1}^{n} f(n)$ ≡ área limitada por [1′, 2, 2′, 3 . . . (N — 1)′, (N — 1), N] e o eixo dos x

$\sum_{a}^{n-1} f(n)$ ≡ area limitada por [1, 2″, 2, 3″, 3 . . . (N — 1), (N″, N)] e o eixo dos x

$\int_{a}^{n} f(x)\,dx$ ≡ área limitada pela curva [1, 2, 3 . . . (N — 1), N] e o eixo dos x

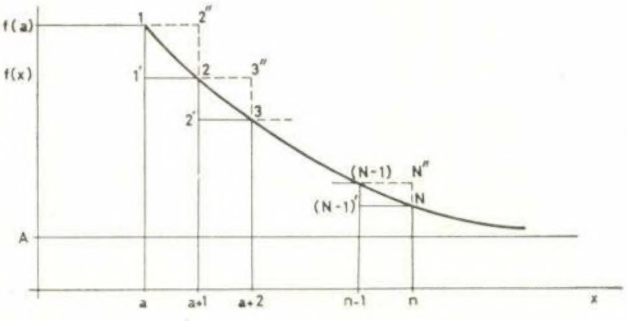


Fig. 1

É imediato que

$$\sum_{a+1}^{n} f(n) \leqslant \int_{a}^{n} f(x)\,dx \leqslant \sum_{a}^{n-1} f(n) \qquad (3)$$

relação que é idêntica a (1).

Como

$$\left.\begin{aligned} \sum_{a+1}^{n} f(n) &= \sum_{a}^{n} f(n) - f(a) \\ \sum_{a}^{n-1} f(n) &= \sum_{a}^{n} f(n) - f(n) \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

vem, após a substituição de (4) em (3),

$$\sum_{a}^{n} f(n) - f(a) \leqslant \int_{a}^{n} f(x)\,dx \leqslant \sum_{a}^{n} f(n) - f(n)$$

ou seja

$$f(a) \geqslant \sum_{a}^{n} f(n) - \int_{a}^{n} f(x)\,dx \geqslant f(n) \quad (5)$$

Tomando limites em (5) obtém-se

$$\lim_{n=\infty} \left[\sum_{a}^{n} f(n) - \int_{a}^{n} f(x)\,dx \right] = B \qquad (6)$$

onde $\lim_{n=\infty} f(n) \leqslant B \leqslant f(a)$. Como se vê, inclui o caso em que $\lim_{n=\infty} f(n) = 0$.

B — f (x) contínua, monòtonamente crescente e positiva para x ⩾ a (a inteiro).

Observa-se da Fig. 2 que:

$\sum_{1+a}^{n} f(n) \equiv$ área limitada por [1'', 2, 2,'' 3,... (N—1) (N — 1)'', N] e o eixo dos x

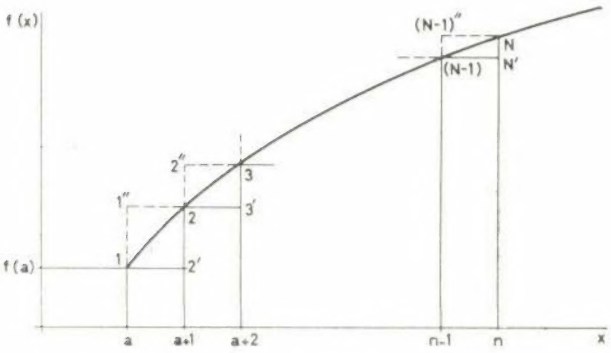


Fig. 2

$\sum_{a}^{n-1} f(n) \equiv$ área limitada por [1, 2', 2, 3', 3 ... (N — 1), N' N] e o eixos dos x

$\int_{a}^{n} f(x)\,dx \equiv$ área limitada pela curva [1, 2, 3 — — —(N — 1), N] e o eixo dos x

Conclui-se que é válida a relação:

$$\sum_{a}^{n-1} f(n) \leqslant \int_{a}^{n} f(x)\,dx \leqslant \sum_{a+1}^{n} f(n) \qquad (7)$$

Substituindo as relações (4) em (7) virá:

$$\sum_{a}^{n} f(n) - f(n) \leqslant \int_{a}^{n} f(x)\,dx \leqslant \sum_{a}^{n} f(n) - f(a)$$

ou seja

$$f(n) \geqslant \sum_{a}^{n} f(n) - \int_{a}^{n} f(x)\,d(x) \geqslant f(a) \qquad (8)$$

Tomando limites em (8) obtém-se

$$\lim_{n=\infty} \left[\sum_{a}^{n} f(n) - \int_{a}^{n} f(x)\,dx \right] = C$$

onde $\quad f(a) \leqslant C \leqslant \lim_{n=\infty} f(n).$

CONCLUSÃO DA ANÁLISE

Da análise dos casos A) e B) conclui-se que:

$$\lim_{n=\infty} \left[\sum_{a}^{n} f(n) - \int_{a}^{n} f(x)\,dx \right] = D \qquad (9)$$

com *D* compreendido entre f (a) e $\lim_{n=\infty} f(n)$, sempre que f (x) seja contínua, monótona e positiva para x ⩾ a.

No caso de f (x) ser contínua, monótona e negativa para x ⩾ a a conclusão é idêntica, como resulta do estabelecimento da afirmação anterior para a função | f (x) |

$$\lim_{n=\infty} \left[\sum_{a}^{n} |f(n)| - \int_{a}^{n} |f(x)|\,dx \right] = D$$

Como $f(x) = -|f(x)|$ vem

$$\lim_{n=\infty} \left[-\sum_{a}^{n} f(u) + \int_{a}^{n} f(x)\,dx \right] = D$$

$$\lim_{n=\infty}\left[\sum_{a}^{n} f(n) - \int_{a}^{n} f(x)\,dx\right] = E$$

onde $E = -D$ é uma quantidade compreendida entre $f(a)$ e $\lim_{n=\infty} f(n)$.

APLICAÇÃO

A afirmação (9)

$$\lim_{n=\infty}\left[\sum_{a}^{n} f(n) - \int_{a}^{n} f(x)\,dx\right] = D$$

pode escrever-se na seguinte forma

$$\lim_{n=\infty}\frac{\sum_{a}^{n} f(n)}{\int_{a}^{n} f(x)\,dx} = 1 + \lim_{n=\infty}\frac{D}{\int_{a}^{n} f(x)\,dx} \qquad (10)$$

Consideremos o caso em que

$$\lim_{n=\infty}\int_{a}^{n} f(x)\,dx = \pm\infty$$

e como D está compreendido entre $f(a)$ e $\lim_{n=\infty} f(n)$, conclui-se que

$$\lim_{n=\infty}\frac{\sum_{a}^{n} f(n)}{\int_{a}^{n} f(x)\,dx}$$

está compreendido entre $\left(1 + \lim_{n=\infty}\frac{f(a)}{\int_{a}^{n} f(x)\,dx}\right)$ e $\left(1 + \lim_{n=\infty}\frac{f(n)}{\int_{0}^{n} f(x)\,dx}\right)$ ou seja entre 1 e $\left(1 + \lim_{n=\infty}\frac{f(n)}{\int_{0}^{n} f(x)\,dx}\right)$.

Admitamos que $\lim_{n=\infty}\frac{f(n)}{\int_{0}^{n} f(x)\,dx} = 0$ então será:

$$\lim_{n=\infty}\frac{\sum_{a}^{n} f(n)}{\int_{a}^{n} f(x)\,dx} = 1 \qquad (11)$$

É possível afirmar então que se

$$\lim_{n=\infty}\frac{f(n)}{\int_{a}^{n} f(x)\,dx} = 0$$

podemos substituir num cálculo de limites a expressão $\sum_{a}^{n} f(n)$ por $\int_{a}^{n} f(x)\,dx$.

Isto torna-se útil porque, regra geral, a forma $\sum_{a}^{n} (f(n)$ é incómoda de tratar analìticamente e há vantagem em substituí-la por $\int_{a}^{n} f(x)\,dx$.

A condição de validade do que se afirmou no parágrafo anterior é

$$\lim_{n=\infty}\frac{f(n)}{\int_{a}^{n} f(x)\,dx} = 0$$

Analisemos em que condições esta expressão se verifica:

a) $f(x)$ contínua monòtonamente decrescente e a série divergente.
— Neste caso é sempre válida pois $\lim_{n=\infty} f(n)$ é finito e $\lim_{n=\infty}\int_{a}^{n} f(x)\,dx = \infty$.

b) $f(x)$ contínua, positiva, monòtonamente crescente e com $\lim_{n=\infty} f(n)$ finito — neste caso é sempre $\lim_{n=\infty}\int_{a}^{n} f(x)\,dx = \infty$ e (12) é sempre válida.

c) $f(x)$ contínua, positiva, monòtonamente crescente e com $\lim_{a=\infty} f(n) = \infty$ — a expressão (12) nestas condições conduz a uma indeterminação. Portanto, só se poderá afirmar (11), depois de levantar tal indeterminação.

EXEMPLO

Consideremos função $f(x) = Ax^m$ onde *A* e *m* são constantes finitas, com $m > -1$. Vejamos se (12) é válida. Podemos tomar $a = 0$.

$$\lim_{n=\infty}\frac{f(n)}{\int_{0}^{n} f(x)\,dx} = \lim_{n=\infty}\frac{A\,n^m}{\int_{0}^{n} Ax^m\,dx} = \lim_{n=\infty}\frac{n^m}{\frac{n^{m+1}}{m+1}} =$$

$$= \lim_{n \to \infty} \frac{1 + m}{n} = 0$$

Então é válido

$$\lim_{n=\infty} \frac{\sum_{o}^{n} A\ n^m}{\int_{o}^{n} Ax^m\ dx} = 1$$

$$\lim_{n=\infty} \frac{\sum_{o}^{n} A\ n^m}{\frac{A}{m+1} n^{m+1}} = 1$$

Conclui-se que para efeitos de cálculo de limites podemos substituir

$$\sum_{o}^{n} A\ n^m\ x^m \text{ por } \frac{A}{m+1}\ n^{m+1}$$

REFERÊNCIAS

[1] — WHITTAKER, E. T. e G. N. WATSON: A Course of Modern Analysis, pág. 71, Cambridge University Press, 4.ª ed. (1965).

[2] — HOBSON, E. W.: The Theory of Functions of a Real Variable and the Theory of Fourier's Series, Vol. II, pág. 18, Dover Publications, (1957).

II Semana de Engenharia Quimico-Industrial

Vai realizar-se no Instituto Superior Técnico entre 10 e 20 de Abril próximo a II Semana de Engenharia Químico-Industrial.

Esta realização, que conta com o apoio da Direcção do I. S. T., constará de:

— uma *exposição industrial* na qual está assegurada a presença das principais empresas ligadas à Engenharia Química; uma secção desta exposição será destinada a equipamento de laboratório;

— uma *exposição bibliográfica e documental* que terá a colaboração não só das principais livrarias técnicas como também de vários organismos oficiais;

— *realizações pedagógicas* tais como conferências, palestras, visitas de estudo e um colóquio sobre o ensino da Engenharia Química em Portugal.

Durante a realização da Semana todos os dias à noite haverá demonstrações de aparelhagem laboratorial a cargo das principais empresas representantes de equipamento de laboratório.

Informações complementares podem ser pedidas para

Comissão Organizadora da
II Semana de Engenharia Químico-Industrial
Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais — LISBOA 1

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.

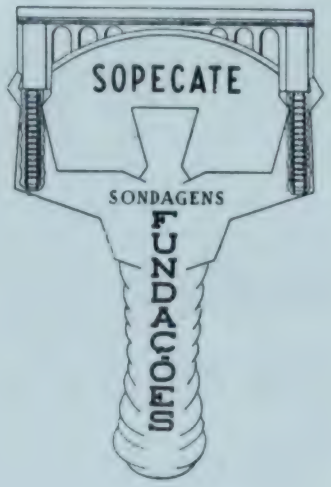
PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13-3.º — LISBOA 2 • TEL. 36 65 06

SONDAGENS • FUNDAÇÕES
TRABALHOS MARÍTIMOS
PONTES E ESTRUTURAS

EMPRESA TERMOELÉCTRICA PORTUGUESA

CENTRAL DO CARREGADO

Obra a cargo de CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.



SOPECATE

SONDAGENS
FUNDAÇÕES

Escritório — R. DO ARSENAL, 146, 2.º Esq., Dt.º e Fr.te
Estaleiro e Oficina — RUA PEREIRA HENRIQUES, 58

TELEFONES
SERVIÇOS ADMINISTRATIVOS 34010
SERVIÇOS TÉCNICOS 320208
ESTALEIRO E OFICINAS 381238

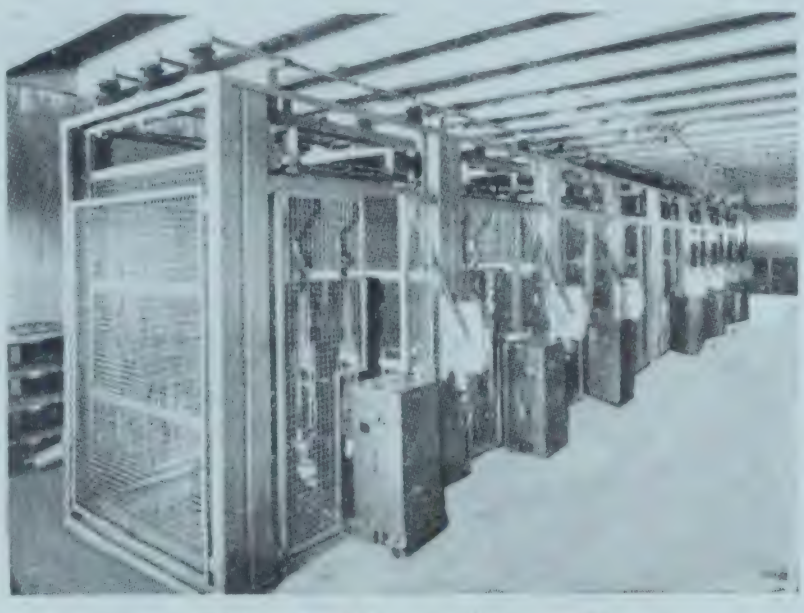
LISBOA

ISOLUX L.DA

ESTUDOS E INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Porto
R. de Sá da Bandeira, 651 - 4º
Tel. 27013

Lisboa
L. Campo Pequeno, 21 - 4º Esq
Tel. 760964



CELAS ABERTAS DE ALTA TENSÃO

Projectos e instalações eléctricas de:

Centrais
Subestações
Postos de Transformação
Fábricas
Edifícios públicos
Blocos residenciais

DO MUNDO TÉCNICO

OS GERADORES MAGNETO-HIDRODINÂMICOS E AS SUAS POSSIBILIDADES ACTUAIS

C. D. U. 538.3 : 621.311.29

A produção de energia eléctrica nas centrais térmicas convencionais realiza-se hoje em dia com um rendimento térmico próximo de 40 %. Os aperfeiçoamentos técnicos possíveis, ligados ao acréscimo de entalpia do vapor pelo emprego de temperaturas e pressões supercríticas, são relativamente pouco sensíveis.

Como se observa pelo quadro I, o acréscimo no rendimento dos turbo-alternadores conseguido desde há cerca de cinco anos foi de poucos por cento. De facto está-se a tender para o rendimento termodinâmico de Carnot (η) e não se pode portanto esperar progressos espectaculares nesta via.

É sabido que o rendimento máximo duma máquina térmica funcionando entre uma fonte quente à temperatura T_Q e uma fonte fria de temperatura T_F é $\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$.

Para aumentar o rendimento de conversão da energia térmica em energia eléctrica, é necessário aumentar a diferença de temperaturas entre a fonte quente e a fonte fria. Uma possibilidade interessante é oferecida pelos geradores magneto-hidrodinâmicos (MHD).

Estes geradores são constituídos essencialmente por um jacto de gás ionizado a muito alta temperatura que atravessa um campo magnético e origina como consequência uma corrente induzida.

À entrada do gerador MHD os gases são levados a uma temperatura ligeiramente superior a 2.500° K; à saída a temperatura é cerca de 1.000° K. O rendimento termodinâmico ideal dum gerador MHD com velocidade de escoamento do gás constante, aproxima-se dos 60 %, e pode-se esperar um rendimento térmico global da ordem dos 50 %. O ganho de rendimento é pois sensível, num gerador deste tipo Pensa-se ainda em associar à saida do gerador MHD um grupo turbo-alternador convencional, possibilidade essa que se encara naturalmente, visto que a entalpia do gás que sai do gerador MHD é da ordem da do gás que entra nos turbo-alternadores actuais. Poder-se-ia portanto esperar um rendimento térmico máximo global da ordem dos 55 %.

É por isso que o gerador MHD interessa tanto aos principais construtores de material electrotécnico de potência. Com efeito, a entrada em funcionamento deste gerador traria um aumento relativo do rendimento de cerca de 40 %.

QUADRO I

Ano	Potência do turbo-alternador em MW	Rendimento em %
1948	30	30
1950	60	32
1956	100	35
1958	120	38
1959	200	39
1962	275	39,5
1963	375	40
1965	500	40

CAPÍTULO I

Princípios dos geradores MHD

No estudo do funcionamento dum gerador MHD recorre-se a muitas disciplinas: física dos plasmas, dinâmica dos portadores de carga num campo electromagnético, etc. Com vista a introduzir o assunto tão claramente quanto possível, parece judicioso considerar-se a noção de plasma. Este caminho conduz naturalmente ao estudo da sua condutibilidade eléctrica e do efeito Hall, que resulta da influência do campo magnético sobre as trajectórias electrónicas.

Com estas noções, estará o leitor apto a analisar os diferentes tipos de geradores MHD e as suas características respectivas.

GENERALIDADES

O gerador MHD é uma espécie de dínamo convencional em que o indutor se desenvolve segundo uma direcção e em que o induzido, habitualmente constituído por um enrolamento de cobre disposto sobre um cilindro de material ferromagnético é substituído por um condutor gasoso (fig. 1).

Um condutor gasoso é um gás parcialmente ionizado contendo portadores de carga positiva e negativa em igual quantidade; o gás é portanto globalmente neutro.

Nos gases ionizados, encontram-se geralmente electrões que, em virtude de a sua massa ser pequena, são particularmente móveis, e iões positivos muito mais lentos.

E — Eléctrodo
J — densidade de corrente
V — velocidade dos portadores de carga
P — paredes isolantes
B — indução magnética
C — impedância da carga

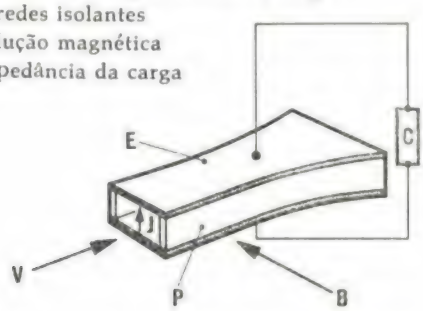


Fig. 1 — Princípio dum gerador MHD

Os electrões e os iões estão em equilíbrio térmico; na ausência dum campo de origem electromagnética, encontram-se animados dum movimento desordenado e caótico. Sabe-se que as velocidades dos portadores de carga podem ser descritas no equilíbrio, por uma distribuição de Maxwell-Boltzmann (Apêndice 1).

É por intermédio das interacções electrão-ião e electrão-electrão que se pode verificar esta distribuição de velocidades num gás ionizado; são efectivamente as oscilações colectivas dos electrões que estão na base da estabilidade de distribuição das velocidades dos portadores de carga. Em termos de física moderna chama-se também plasma a um gás ionizado. Um plasma é caracterizado por uma temperatura e uma densidade volúmica de portadores de carga.

Os plasmas encontram-se dissiminados abundantemente pelo Universo; mencionemos, em particular, as estrelas que são gases fortemente ionizados, e as descargas eléctricas nos gases que são objecto, desde há alguns anos, de numerosos trabalhos para o estudo e controle das reacções de fusão nuclear.

QUADRO II

Tipos de plasma	n (cm^{-3})	T (°K)
Descarga gasosa de fraca intensidade ($J < 1 A/cm^2$) .	10^{11}	10^4
Descarga gasosa de grande intensidade	10^{15}	10^5
Ionosfera — camada F . . .	10^6	3.10^3
Electrões nos metais	10^{23}	300
Espaços interestelares . . .	1	3.10^3
Interior das estrelas	10^{27}	3.10^7
Interior das anãs brancas . .	10^{32}	10^7

Até os metais se comportam como plasmas — mas neste caso os iões são fixos. Foi mesmo possível pôr em evidência oscilações colectivas — chamadas também «oscilações de plasma» (Apêndice 2) — em folhas metálicas de alguns milhares de Ångstrom de espessura, estudando o seu espectro de absorção de fotões de energia 10 e V. O quadro II dá a densidade volúmica média dos electrões (n) e a temperatura (T) de alguns plasmas. Os plasmas utilizados nos geradores MHD classificam-se nas descargas gasosas de fraca intensidade.

Pode-se fàcilmente compreender a diversidade de propriedades que os diferentes plasmas apresentam.

A CONDUTIBILIDADE ELÉCTRICA DO PLASMA NUM CAMPO MAGNÉTICO

No gerador MHD, um plasma elevado a uma alta temperatura é actuado por um campo magnético—geralmente estático — disposto perpendicularmente à sua direcção de escoamento. Numa direcção perpendicular ao plano formado pela direcção do escoamento e pelo campo magnético aparece um campo eléctrico. Este resulta da acumulação de portadores criada pela acção do campo magnético sobre os portadores contidos no plasma.

Vê-se sem dificuldade que os electrões devido à sua massa ser pequena serão mais desviados que os iões da sua trajectória média, imposta pelo escoamento do plasma.

Com efeito, os portadores de massa M animados duma velocidade V e lançados num campo magnético de indução B, disposto perpendicularmente a V, descrevem órbitas circulares num plano perpendicular a B de raio $r = \frac{MV}{eB}$, se não houver colisões com outras partículas. A frequência angular de revolução do electrão na sua órbita é chamada frequência angular do ciclotrão porque vale $\frac{eB}{M}$ (Apêndice 3). Se suposermos que os portadores são electrões e iões de azoto animados duma velocidade igual à sua velocidade média e mergulhados num campo de indução magnética de 1 T, tem-se que o raio da órbita vale respectivamente 2×10^{-3} mm e algumas dezenas de milímetros.

O livre percurso médio dos electrões é de cerca de 2×10^{-2} mm à pressão atmosférica e a 2.500° K. Este valor é aproximadamente dez vezes o dos iões. Resulta portanto que a agitação térmica dos portadores perturbará mais as órbitas dos iões que as dos electrões (Apêndice 4).

A força que solicita os electrões num campo de indução B, é dada pela relação $\overline{F} = e\,\overline{V} \wedge \overline{B}$. Esta fórmula sugere que a entalpia do gás quente é transformada em energia eléctrica.

Comparando com o dínamo, pode-se lembrar que a relação que dá o campo eléctrico E_i induzido num condutor linear, movendo-se à velocidade V perpendicularmente às linhas de força dum campo magnético de indução B, é $E_i = VB$.

Estas duas relações são comparáveis porque regem de facto o mesmo fenómeno: a acumulação de electrões devido à acção da indução magnética sobre o plasma.

No entanto, a situação complica-se no gerador MHD devido à grande mobilidade dos electrões no plasma. Um exame detalhado do comportamento de um plasma em movimento uniforme mergulhado num campo magnético, mostra que a sua condutibilidade eléctrica σ_o apresenta propriedades particulares e nomeadamente deixa de ser isótropa — pode portanto tomar valores muito diferentes nas diversas direcções.

Fazendo a aproximação de considerar a contribuição iónica desprezável, a condutibilidade eléctrica do plasma, num campo magnético estático, é dada sob forma tensorial, pela expressão:

$$\frac{\sigma_{i.k.}}{\sigma_o} = \begin{vmatrix} \frac{1}{1+\omega_c^2\tau^2} & \frac{\omega_c\tau}{1+\omega_c^2\tau^2} & 0 \\ -\frac{\omega_c\tau}{1+\omega_c^2\tau^2} & \frac{1}{1+\omega_c^2\tau^2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

onde ω_c é a frequência angular de ciclotrão e τ o tempo médio entre duas colisões de um electrão com as partículas gasosas.

O EFEITO HALL NO PLASMA

Em presença de um campo magnético, o vector densidade de corrente $\overline{J}$ não é paralelo ao vector força $\overline{F}^*$ que solicita os electrões do plasma. Este fenómeno é conhecido sob o nome de efeito Hall. Resulta de as trajectórias electrónicas serem encurvadas pelo campo magnético; o ângulo de rotação dos electrões num plano perpendicular a B vale arc tg $\omega_c\tau$.

O efeito Hall é largamente aproveitado nos semicondutores para determinar a densidade de portadores livres, em relação com a medida da sua condutibilidade eléctrica.

Para mostrar mais claramente o fenómeno, explicitemos as diversas componentes de corrente tendo em conta a definição de força $\overline{F}^*$, exercida sobre os electrões. Quando o gerador MHD funciona, o plasma é sede de cargas espaciais devido à deformação das trajectórias electrónicas sob a influência da indução B, condicionado eventualmente pelo débito do gerador. Resulta daqui o estabelecimento de um campo eléctrico entre os eléctrodos Este campo eléctrico $\overline{E}$ depende da resistência interna do plasma e da resistência de carga exterior. Os portadores de carga são submetidos no plasma a uma força $\overline{F}$, dada por $\overline{F} = e\,(\overline{E} + \overline{V} \wedge \overline{B})$.

Em relação ao sistema de eixos da figura 2, e utilizando a definição da condutibilidade σ_{ik} do plasma, as componentes de corrente nas três direcções serão dadas por

$$\left(\frac{F^*_{(x)}}{e} = E_x\,;\ \frac{F^*_{(y)}}{e} = VB - E_y\right)$$

$$J_x = \frac{\sigma_o}{1+\omega_c^2\tau^2}\,[\,E_x - (E_y - VB)\,\omega_c\tau\,]$$

$$J_y = \frac{\sigma_o}{1+\omega_c^2\tau^2}\,[\,\omega_c\tau E_x + E_y - VB\,]$$

$$J_z = 0.$$

Em escrita vectorial, as equações tomam a forma

$$\overline{J} = \sigma_o\,\frac{\overline{F}^*}{e} - \omega_c\tau\,\frac{\overline{J}\wedge\overline{B}}{B}$$

Esta forma de expressão é instrutiva. Mostra em particular a desfasagem Φ entre o vector $\overline{J}$ e o vector força $\overline{F}$; pode-se descrevê-la sob forma tg $\Phi = \omega_c\tau$.

Mostra também o efeito da agitação térmica sobre as trajectórias dos portadores de carga: se a frequência das colisões $\left(\frac{1}{\tau}\right)$ é muito mais elevada que a frequência angular do ciclotrão (ω_c), o efeito da indução magnética sobre as trajectórias electrónicas será desprezável e a condutibilidade eléctrica valerá σ_o, que é o mesmo valor que o dado pela teoria cinética do plasma.

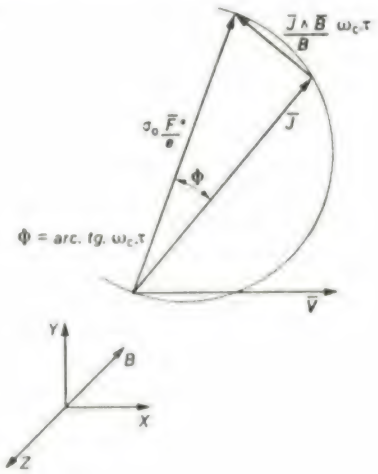


Fig. 2 — Diagrama vectorial para a determinação de J.

A POTÊNCIA ÚTIL DOS GERADORES MHD

Antes de abordar a noção de potência útil do gerador MHD convém responder à questão seguinte: como é que se transfere a energia do plasma para os electrões? Já atrás foi dito que o plasma está animado de uma velocidade de conjunto que se sobrepõe ao movimento caótico dos seus componentes. Durante este movimento desordenado — próprio do movimento térmico das partículas — ocorrem frequentes colisões entre todos os constituintes do plasma, que sendo muito numerosas permitem distribuir a energia média das partículas por toda a massa do plasma. No gerador MHD, sob a acção da indução B, os electrões são de-

flectidos e tendem a acumular-se numa direcção perpendicular ao plano de B e V. Quando o gerador MHD funciona, os electrões estão animados duma velocidade que tem portanto uma componente perpendicular ao escoamento do plasma, e são submetidos por acção da indução magnética B, a uma força que tende a travar o plasma — é a força de Laplace.

A energia do plasma é transferida para os electrões ao longo das múltiplas colisões com as partículas do plasma — sobretudo por intermédio das partículas pesadas — De facto, existe uma transferência de quantidade de movimento das partículas gasosas para os electrões, com uma frequência que é igual à frequência das colisões respectivas.

A força de travagem do plasma é dada por $f = J_y.B$. A potência volúmica útil libertada pelo gerador é pois $P_u = \overline{J}.\overline{E}$. A potência dissipada por efeito Joule, será dada por $P_j = \frac{\overline{J}.\overline{F}^*}{e}$. Assinalemos no entanto que as perdas por efeito Joule no gerador MHD não se traduzem por uma diminuição de potência, como nos dínamos convencionais. A energia dissipada por efeito Joule no plasma de um gerador MHD contribui para manter a sua temperatura. Este aspecto é vantajoso, se nos lembrarmos que o plasma arrefece continuamente no decurso do escoamento.

DIFERENTES TIPOS DE GERADORES MHD

Pode-se tentar explorar as propriedades particulares de condutibilidade eléctrica do plasma nalgumas direcções privilegiadas. Esta ideia está na base dos principais tipos de geradores MHD conhecidos e que serão examinados seguidamente, por ordem crescente da indução magnética.

a) *Gerador MHD, tipo Faraday*

No gerador MHD mais simples, a energia eléctrica é recolhida em dois eléctrodos contínuos dispostos paralelamente à direcção de escoamento do plasma (fig. 3). Com os eléctrodos dispostos desta maneira, a direcção do campo eléctrico interno confunde-se com a do campo resultante da acumulação das cargas Esta disposição lembra o fenómeno de indução tal como se encontra nos dínamos; por esta razão se chamam correntemente geradores MHD, tipo Faraday, aos que possuem esta disposição dos eléctrodos. Neste caso, pode escrever-se evidentemente $\frac{F^*(x)}{e} = E_x = o$. Se o gerador MHD debitar corrente, a tensão lida aos seus terminais será menor que a tensão em vazio. De facto, a tensão em vazio está ligada geomètricamente ao campo de forças eBV; pelo contrário, em carga, a tensão observada é regida por uma relação da forma $E_y = KVB$, onde K é a razão entre a tensão em carga e a tensão em vazio do gerador MHD. A densidade de corrente debitada pelo gerador é dada por

$$J_x = \sigma_o \frac{\omega_o \tau}{1 + \omega_c^2 \tau^2} VB\,(1 - K)$$

$$J_y = \sigma_o \frac{1}{1 + \omega_c^2 \tau^2} VB\,(1 - K)$$

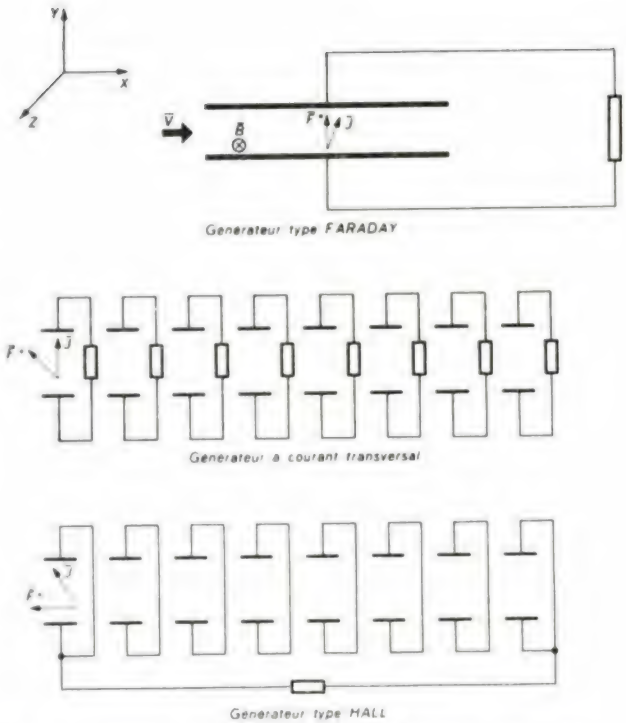


Fig. 3 — Algumas das principais versões dos geradores MHD

Pode-se concluir que a condutibilidade eléctrica na direcção do eixo dos yy é menor que σ_o e que a corrente $\overline{J}$ está desfasada do campo de forças $\overline{F}^*$. A redução de condutibilidade do plasma na direcção y é tanto maior quanto maior for a indução B $\left(\omega_c = \frac{eB}{M}\right)$. Assim, este tipo de gerador não convém senão para induções magnéticas fracas, quer dizer para $\omega_c \tau$ pequeno.

b) *Gerador MHD «de corrente interna tranversal» ou «tipo Faraday com eléctrodos segmentados».*

Nos geradores deste tipo utiliza-se um grande número de eléctrodos segmentados, separados por regiões isolantes, ligando-se cada par de eléctrodos a uma carga própria. Com esta disposição dos eléctrodos, estabelece-se na direcção do escoamento do plasma um campo eléctrico que tem tendência para anular a corrente nesta direcção: as componentes do campo e da corrente são dadas por

$$E_x = -\omega_c \tau VB\,(1-K) \qquad \frac{F^*_{(x)}}{e} = -\omega_c \tau VB\,(1-K) \qquad J_x = o$$

$$E_y = KVB \qquad \frac{F^*_{(y)}}{e} = VB\,(1-K) \qquad J_y = \sigma_o VB\,(1-K)$$

A condutibilidade eléctrica transversal do plasma continua escalar; e é maior que a do gerador de eléctrodos contínuos. Por segmentação dos eléctrodos eliminou-se o efeito da indução magnética sobre a condutibilidade eléctrica do plasma. A existência de uma componente E(x) sugere a ideia de uma ligação em

série de pares de eléctrodos e permite, portanto, obter uma tensão de saída maior que no tipo precedente. Neste caso, liga-se um eléctrodo de um par ao oposto de um par vizinho, estando a carga exterior ligada ao eléctrodos livres das extremidades. É como se se tivesse feito um enrolamento em volta do induzido dum dínamo convencional. Realiza-se assim um gerador de ligações oblíquas. Um gerador deste tipo convém para valores intermédios de $\omega_c \tau$ (quer dizer, para $\omega_c \tau$ compreendido entre 1 e 5).

c) *Gerador MHD, tipo Hall*

Este terceiro tipo de gerador MHD é caracterizado pelo emprego de uma indução magnética grande. É realizado curto-circuitando os pares de segmentos e ligando aos pares de eléctrodos extremos a carga exterior. Nos geradores deste tipo, procura-se criar um campo eléctrico na direcção de escoamento do plasma, tão grande quanto possível. Com efeito, esta componente do campo é dada por $E_x = \frac{F^*_{(x)}}{e} = -K\omega_c \tau VB$ (adoptando a mesma definição para K), donde a utilidade de uma indução elevada. Pela disposição dos eléctrodos tem-se evidentemente $E_y = 0$ e portanto $\frac{F^*_{(y)}}{e} = VB$.

As componentes da corrente são dadas pelas relações

$$J_x = \sigma_0 \frac{\omega_c \tau}{1 + \omega_c^2 \tau^2} VB (1 - K)$$

$$J_y = \sigma_0 \frac{1}{1 + \omega_c^2 \tau^2} VB (1 + \omega_c^2 \tau^2 K)$$

Estas relações mostram que existe uma diminuição de condutibilidade eléctrica transversal do plasma, em relação à encontrada na disposição precedente.

Num gerador de efeito Hall força-se o campo a orientar-se na direcção do escoamento do plasma (esta condição é satisfeita desde que $\omega_c \tau > 10$).

O princípio das três principais versões dos geradores MHD que acabamos de discutir é apresentado na figura 3.

O diagrama vectorial da figura 4 explica o funcionamento de um gerador de ligações oblíquas. O vector campo eléctrico induzido $\overline{V} \wedge \overline{B}$ é perpendicular aos vector $\overline{V}$, velocidade dos portadores. Admitindo uma condutibilidade eléctrica infinita do plasma (hipótese simplificativa adoptada para ilustrar o funcionamento do gerador) e supondo uma equipotencial traçada na figura 4, pode-se fixar o campo eléctrico em carga, $\overline{E}$. A força $\overline{F^*}$, actuando sobre os electrões do plasma, resulta directamente da sua definição. O vector corrente $\overline{J}$ poderá agora ser determinado, tendo em conta o efeito Hall.

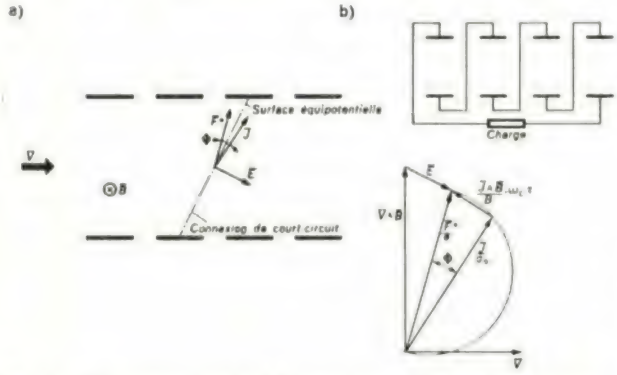


Fig. 4 — Diagrama vectorial para um gerador de ligações oblíquas

CARACTERÍSTICAS DOS DIFERENTES TIPOS DE GERADORES MHD

Muitas grandezas influem sobre as características dos geradores MHD, e, em particular, sobre o factor de carga K, quer dizer, sobre a razão entre o campo eléctrico E em carga e em vazio — VB, e sobre a potência útil volúmica P_u. O factor K depende da resistência interna do gerador MHD e da carga.

O quadro III resume as principais características dos diferentes tipos de geradores discutidos e respectivas potências úteis, em dois casos concretos.

Os valores numéricos da potência útil volúmica P_u foram obtidos nas condições seguintes: temperatura do gás: 3.000° K; velocidade de escoamento: 10^3 m/s; inseminação de 1 % de potássio; indução magnética B = 2 T; diâmetro eficaz de colisão dos átomos neutros: 3 Å; K = 0,5.

As potências úteis determinadas (P_u) representam valores térmicos calculados por excesso. Com efeito no cálculo de P_u, não se entrou com as várias causas de energia, nomeadamente as devidas ao contacto eléctrodo-plasma.

No entanto a potência útil é superior, cerca de dez vezes, à dos geradores convencionais. À pressão atmosférica, parece que os dois últimos tipos de geradores MHD oferecem a potencia volúmica mais elevada. Mas, o gerador de corrente transversal ($J_x = 0$) é mais interessante pela sua potência volúmica elevada e pela possibilidade de obter, por ligação em série de pares de eléctrodos, tensões de saída maiores (cerca de 1.000 V).

CAPÍTULO II

Factores característicos dos geradores MHD

O quadro seguinte apresenta um facto particular: as características dos diferentes tipos de geradores MHD dependem essencialmente do produto $\sigma_0 B^2 V^2$. Esta expressão pode ser considerada como a potência volúmica potencial dum gerador cujo plasma tem uma resistência eléctrica nula e que é insensível ao efeito Hall. Discutiremos, de maneira abreviada, a influência dos diversos factores (σ_0, B, V) no produto mencionado.

QUADRO III

Tipo de gerador	Faraday		De corrente transversal		Hall	
Definição	$E_x = 0$		$J_x = 0$		$E_y = 0$	
E_x	0		$-\omega_c \tau VB(1-K)$.		$-KVB\,\omega_c \tau$	
E_y	KVB		KVB		0	
J_x	$\sigma_0 \cdot \frac{\omega_c \tau}{1+\omega_c^2 \tau^2} VB(1-K)$		0		$\sigma_0 \frac{\omega_c \tau}{1+\omega_c^2 \tau^2} VB(1-K)$	
J_y	$\frac{\sigma_0}{1+\omega_c^2 \tau^2} VB(1-K)$		$\sigma_0 VB(1-K)$		$-\frac{\sigma_0}{1+\omega_c^2 \tau^2} VB(1+\omega_c^2 \tau^2 K)$	
K	$\frac{E_y}{BV}$		$\frac{E_y}{BV}$		$\frac{1}{\omega_c \tau} \cdot \frac{E_x}{BV}$	
P_u	$\frac{\sigma_0}{1+\omega_c^2 \tau^2} B^2 V^2 K(1-K)$		$\sigma_0 . B^2 V^2 K(1-K)$		$\sigma_0 \frac{\omega_c^2 \tau^2}{1+\omega_c^2 \tau^2} B^2 V^2 K(1-K)$	
pressão em atmosferas	1	10	1	10	1	10
P_u (em MW/m^3)	16	49	126	63	110	14

A CONDUTIBILIDADE ELÉCTRICA DO PLASMA

A condutibilidade eléctrica escalar σ_0 de um plasma cresce muito ràpidamente com a temperatura. Isso é devido ao facto de que a população de partículas com energia suficiente para ionizar um átomo durante uma colisão aumenta em grandes proporções quando o plasma aquece.

A figura 5 indica um acréscimo de condutibilidade eléctrica de 10^3 quando a temperatura passa de 1.500 a 3.000° K.

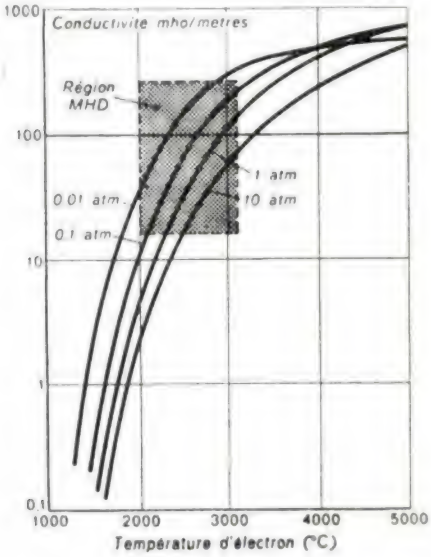


Fig. 5 — Variação de condutibilidade de um gás a diferentes pressões em função da temperatura

A condutibilidade eléctrica de um gás depende do produto $n\mu$ onde n é a densidade de portadores livres e μ a sua mobilidade. A densidade de portadores livres, no equilíbrio térmico, é dada pela relação:

$$\frac{n}{N} \simeq p^{-1/2}\, T^{+5/4} \cdot e^{-\frac{W_i}{2KT}}$$

onde N é a densidade de átomos de gás, p a pressão e W_i a sua energia de ionização. A densidade de portadores varia com a raíz quadrada da pressão e com a metade da energia de ionização. Isto é devido ao facto de se criar um par de portadores em cada dissociação de átomos do gás (Apêndice 6).

Teria interesse escolher um gás com uma energia de ionização tão pequena quanto possível. Infelizmente, os gases normais, em geral, têm uma energia de ionização superior a 10 eV. São portanto fracamente ionizáveis. Vê-se por exemplo na figura 6 que a fracção de átomos de hidrogénio ionizados tèrmicamente a 3000°K é nìtidamente inferior a 10^{-6}. Isto mostra a influência da energia de ionização do gás sobre a densidade de electrões criados tèrmicamente.

Parece portanto necessário introduzir no gás, um elemento cuja ionização seja mais fácil; é o que se convencionou chamar «inseminação do gás».

Os metais alcalinos apresentam a energia de ionização mais baixa: 3,9 eV para o césio e 4,3 eV para o potássio. O césio seria mais vantajoso mas não se utiliza por o seu preço ser muito elevado. Com uma concentração de 1 % de potássio, obtém-se a 3.000°K uma condutibilidade eléctrica do gás da ordem de 100 mho/m quer dizer uma multiplicação por 10^4 da condutibilidade

em relação ao gás não inseminado. Pode-se agora alcançar a grande importância da inseminação do gás. Infelizmente, não é possível introduzir nestas grandes quantidades do material inseminado sem prejudicar a mobilidade dos portadores livres. De facto, a mobilidade dos portadores livres está ligada à natureza das interacção portadores-iões ou átomos gasosos. O estudo da frequência das colisões entre portadores e iões ou átomos gasosos leva-nos a definir uma secção eficaz de colisões que está ligado ao inverso da mobilidade.

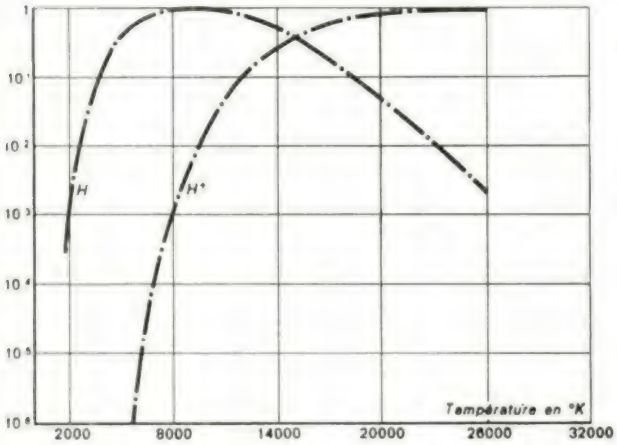


Fig. 6 — Grande dissociação (H) e grau de ionização (H^+) do hidrogénio à pressão normal, em função da temperatura

QUADRO IV

Materiais	Wi (eV)	$Ti = \frac{Wi}{2k}$ (°K)
Césio	3,893	22,600
Potássio	4,339	25.150
Sódio	5,138	29.800
Lítio	5,39	31.250
Bário	5,21	30.200
Estrôncio	5,692	33.000
Cálcio	6,111	35.400
Magnésio	7,644	44 300
Azoto	14,48	84.000
Monóxido de carbono	14,1	81.700
Anidrido carbônico	14,4	83.500

A temperatura Ti é a temperatura do plasma necessária para provocar a sua ionização completa. Por outras palavras, Ti traduz a energia média das partículas necessárias para que ionizem em cada colisão um átomo do plasma. Sendo a temperatura do plasma vizinha de 2 500° K, vê-se fàcilmente (pela equação de Saha) que, mesmo no caso de uma inseminação alcalina, a densidade relativa dos iões criados tèrmicamente no plasma, não excede alguns %. No entanto este valor é grandemente superior ao correspondente no caso do gás de combustão ($< 10^{-8}$) num gerador MHD. O quadro V dá os valores médios de secções eficazes de colisão (Q) para os electrões térmicos.

QUADRO V

Gás	K	Cs	H_2O	CO_2	H_2	
$Q\ (10^{-22}\ m^2)$	409	340	40	20	12	
Gás	CO	N_2	O_2	He	Ne	A
$Q\ (10^{-22}\ m^2)$	10	8,5	5,5	6	0,7	0,4

Vê-se fàcilmente a influência nefasta dos metais alcalinos sobre a mobilidade electrónica. Isso é devido à sua elevada polarização eléctrica. Ao contrário os gases raros apresentam uma secção eficaz sensìvelmente menor (sendo cerca de 100 vezes menor, ou mesmo mais).

Parece que a introdução de metais alcalinos no gás é benéfica pelo acréscimo da densidade de portadores livres, mas no entanto a sua concentração não deve ser muito elevada para não reduzir a mobilidade dos portadores, pelo menos de uma maneira sensível. Haverá portanto uma concentração óptima, vizinha de 1 % para o potássio.

INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE DE ESCOAMENTO DO PLASMA

Num gerador MHD, a velocidade do gás prèviamente aquecido provém da sua dilatação num expansor. Numa expansão puramente adiabática, a energia térmica utilizável da gás é completamente trasformada em energia cinética (a variação de energia potencial é desprezável). A variação máxima da temperatura de gás (T) é dada nestas condições pela relação

$$\frac{\Delta T}{T} = (\gamma - 1)\frac{M^2}{2}$$

em que M é o número de Mach final e γ a razão entre os calores específicos do gás a pressão e a volume constantes.

Para o gerador debitar uma potência volumètrica óptima, o produto σV^2 deve ser máximo. A relação precedente conduz a um compromisso. Com efeito, a um acréscimo da velocidade de escoamento do gás corresponde uma diminuição da sua temperatura e por consequência da sua condutibilidade eléctrica. Pode-se demonstrar que o número de Mach óptimo é próximo da unidade. De facto, o número de Mach óptimo depende da natureza e da temperatura do gás, mas geralmente não é muito diferente para todos os gases estudados.

INFLUÊNCIA DO CAMPO MAGNÉTICO

A potência volúmica Pu de um gerador MHD varia com o quadrado do campo magnético. Consideremos

o caso de um gerador equipado com um electromagneto convencional. A potência de alimentação (We) aumenta ràpidamente com B, tendo em conta a presença de um entreferro importante (canal de expansão dos gases quentes) e a saturação magnética do circuito de ferro.

A figura 7 mostra a variação da relação $\frac{We}{Pu}$ com a indução magnética B no caso de um circuito magnético particular para um valor de Pu de 30 MW e um comprimento de canal de 1 m. São consideradas duas temperaturas dos enrolamentos de cobre correspondentes ao arrefecimento por água (E) e ao arrefecimento por ar líquido (N).

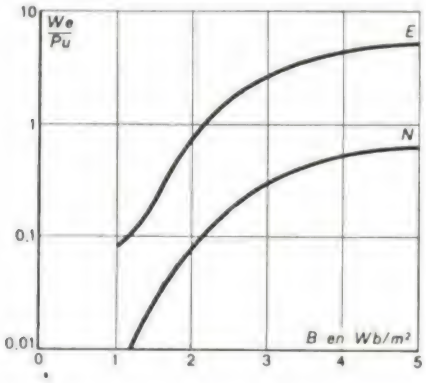


Fig. 7 — Variação da relação $\frac{We}{Pu}$ em função da indução magnética B, para $P_u = 30$ MW
E = cobre arrefecido por água
N = cobre arrefecido por líquido
Dimensões do canal: 0,1 × 0,2 2 × 1m.

Nesta figura vê-se claramente que o termo $\frac{We}{Pu}$ vem diminuindo na razão de 10 para 1, quando o enrolamento é arrefecido por meio de ar líquido e mantém-se inferior a 0,1 para indução magnéticas entre 1,25 e 2,2 T. O rápido crescimento de $\frac{We}{Pu}$ com B, para valores acima de 1,5T, é devido à saturação do circuito de ferro.

Num estudo mais aprofundado de variação do rendimento dos geradores MHD em função do campo magnético, pode-se mostrar — no caso de geradores muito potentes (algumas centenas de MW) equipados com electromagnetos convencionais — que o seu rendimento tende para uma constante (da ordem dos 55 %) quando a indução magnética atinge o valor de 3 T.

No caso de um electromagneto cujo enrolamento seja de material supra condutor — o circuito magnético é de ar — as perdas são nulas. Discutiremos adiante os méritos respectivos das duas soluções

DIMENSÕES ÓPTIMAS DOS GERADORES MHD

Este capítulo tem por objectivo fornecer indicações sobre as dimensões óptimas dos geradores MHD tendo em conta os imperativos impostos pelo rendimento global da instalação e a dinâmica dos plasmas.

Um estudo da razão $\frac{We}{Pu}$ para dois electromagnetos convencionais, homotéticos na razão $\lambda/1$ (isto é, de excitação constante ou de indução constante), mostra que a fracção de potência eléctrica absorvida pelo eletromagneto varia com λ^{-2}, ao passo que o rendimento do gerador aumenta com λ.

No caso de um gerador MHD com um enrolamento de supracondutores, o rendimento cresce com λ^2 ou λ^3 de acordo com as duas hipóteses adoptadas.

Estes resultados indicam claramente que o gerador MHD está essencialmente indicado para o fornecimento de potências eléctricas elevadas e parece portanto bem adoptada para responder ao consumo, contìnuamente crescente, da energia eléctrica. De um estudo detalhado do escoamento dos gases quentes resulta no entanto que a instabilidade de origem térmica limitam o comprimento útil máximo a uns quarenta metros.

Além disso, as instabilidades do plasma podem reduzir de uma maneira sensível, a condutibilidade eléctrica do gás, e consequentemente, a potência fornecida pelo gerador.

Com efeito, trabalhos teóricos recentes, utilizando as melhores informações experimentais sobre a condutibilidade eléctrica do gás, indicam por um lado uma potência possível de 500MW, com geradores Hall providos de um canal de uma vintena de metros de comprimento e por outro lado, uma rentabilidade real dos geradores MHD quando as potências debitadas são superiores a 400MW.

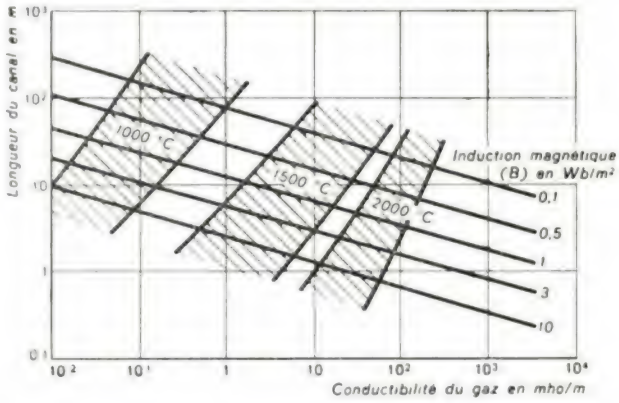


Fig. 8 — Variação do comprimento do canal de expansão com a temperatura, com a condutibilidade do gás e com a indução magnética B; ($P_u = 100$ MW)

A título de exemplo, a figura 8 mostra a influência da condutibilidade do plasma e da indução magnética sobre o comprimento de canal requerido para uma potência eléctrica «potencial» de uma centena de MW.

A homogeneidade da via de escoamento impõe que a secção transversal máxima do canal não ultrapasse alguns dm².

Parece portanto que as potências óptimas dos geradores MHD dependem largamente de uma ionização fácil do gás, implicando uma condutibilidade eléctrica elevada e um campo magnético intenso sem que isso acarrete perdas proibitivas no electromagneto. As dimensões não usuais destes geradores farão surgir sem dúvida espinhosos problemas tecnológicos, ligados às propriedades mecânicas, principalmente no que se refere aos canais de expansão. Este aspecto será considerado noutro capítulo.

CAPÍTULO III

Modos de funcionamento dos geradores MHD

Tratou-se nos capítulos precedentes das bases teóricas que regem os princípios de funcionamento dos geradorea MHD. Abordando um aspecto mais prático este capítulo mostra como o gerador MHD se integra nas técnicas actuais de produção de energia eléctrica e sob que forma esta última é produzida nesses geradores.

GERADORES MHD FUNCIONANDO EM CICLO ABERTO

A maior parte dos trabalhos actuais neste domínio baseiam-se numa operação em ciclo aberto, quer dizer numa utilização nos geradores convencionais dos gases de saída dos geradores MHD. Esta maneira de operar permite recuperar a entalpia destes gases e atingir rendimentos globais da ordem dos 55 %.

Neste esquema, o combustível (carvão ou combustíveis fósseis convencionais) e o material inseminado são injectados na câmara de combustão da qual saem a 2 500° C para serem dilatados num expansor e escoam-se pelo canal. Depois de saírem do canal de expansão os gases são filtrados e o material inseminado é recolhido e volta novamente à câmara de combustão. A saída do gerador, os gases, cuja temperatura é ainda superior a 1.000° C, atravessam conversores térmicos onde pré-aquecem o ar de combustão a uma temperatura vizinha da sua, e levam o vapor de água a uma temperatura suficiente para ser introduzido nos

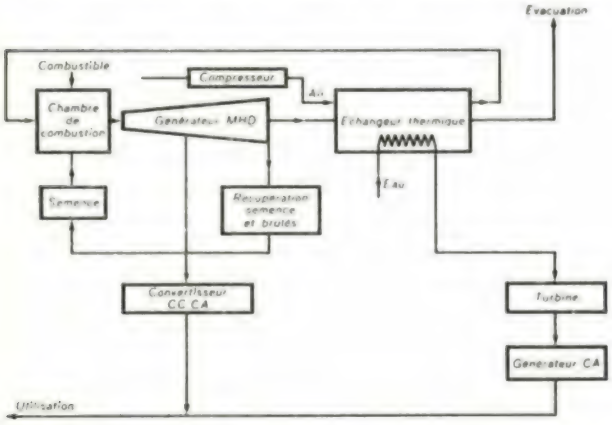


Fig. 9 — Esquema de princípio de uma instalação de gerador MHD em ciclo aberto

equipamentos térmicos convencionais (turbo-alternadores por exemplo). O rendimento global de 1.000 MW estará compreendido entre 50 e 55 %.

Vimos anteriormente que a temperatura dos gases devia atingir 2.500° C para que o gerador MHD tivesse um rendimento aceitável. Uma tal temperatura não é realizável num gerador em ciclo aberto senão usando as duas seguintes possibilidades de combustão:

a) pré-aquecendo o ar de combustão a 1.000° C

b) enriquecendo o ar de combustão de oxigénio.

Com esta última solução, um ligeiro pré-aquecimento do ar é suficiente, mas a quantidade de oxigénio necessária é muito elevada (a título de exemplo, este consumo pode atingir e mesmo ultrapassar 1.000 m³/h numa unidade de 1 MW).

Actualmente, ainda não se encontrou nenhuma solução definitiva porque o custo dos conversores térmicos de alta temperatura é também muito elevado.

Apesar de o gerador MHD em ciclo aberto parecer ser o que tem mais futuro — no estado actual da técnica — numerosos problemas tecnológicos estão ainda por resolver:

Estes problemas estão ligados ao enorme consumo de combustível e às grandes dimensões do gerador; são principalmente devidos à recuperação do material inseminado e à construção do canal de expansão.

GERADOR MHD FUNCIONANDO EM CICLO FECHADO

Em princípio, este gerador teria as seguintes vantagens:

a) Recuperação da entalpia dos gases à saída do gerador, o que elimina a operação de pré-aquecimento dos gases de combustão sempre onerosa devido ao consumo importante de gás nestes geradores. Neste tipo de geradores, a condutibilidade do plasma não resulta da combustão dum combustível qualquer; provém do aquecimento de um gás que passa pelas paredes do núcleo dum reactor nuclear por exemplo.

b) Emprego de gases raros. Este sistema não impõe, para uma dada condutibilidade, uma temperatura tão elevada como a requerida para o funcionamento em ciclo aberto. Esta situação resulta duma mobilidade electrónica maior nos gases raros que no gás de combustão dos combustíveis fósseis convencionais.

A título de exemplo, uma mesma condutibilidade eléctrica dos gases poderia ser obtida com árgon ou hélio inseminado com 1 % de césio, a uma temperatura inferior em 500° C à que exigem os gases de combustão dum geradore m ciclo aberto. Esta vantagem é muito sensível se se tiver em conta a potência a evacuar pelas paredes do canal de expansão.

No entanto, apesar das suas vantagens, o gerador em ciclo fechado não retém actualmente tanto a atenção como o gerador em ciclo aberto; a potência máxima debitada (100 Kw em crista com uma fonte de árgon inseminado por potássio levado à temperatura média de 1.100° C por um reactor nuclear) é nitidamente inferior à fornecida pelos geradores em ciclo aberto (11 MW).

Esta situação resulta das possibilidades actuais oferecidas pelos reactores nucleares.

O custo da instalação e o risco de contaminação dos gases são também razões da modéstia actual dos seus resultados.

O acréscimo da potência debitada pelos geradores em ciclo fechado poderia, no entanto, ser tentado num futuro próximo (espera-se atingir ràpidamente a temperatura de 1.800° C nos gases de arrefecimento dos reactores nucleares utilizando grafite como moderador). O futuro industrial de tais geradores dependerá sobretudo do progresso dos trabalhos actualmente em curso sobre o arrefecimento, por gases raros, dos reactores nucleares de grande potência, em que as paredes do reactor pròpriamente dito são levadas a altas temperaturas.

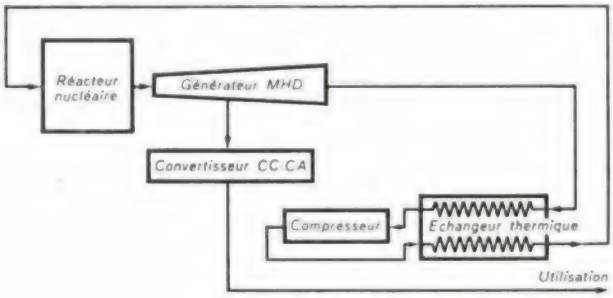


Fig. 10 — Esquema de princípio de uma instalação de gerador MHD em ciclo fechado

A figura 10 dá um esquema simplificado, mostrando a técnica do ciclo fechado. Os gases comprimidos depois de terem banhado as paredes de um reactor nuclear, são enviados para o gerador MHD. Os gases evacuados atravessam, antes e depois da compressão um conversor térmico antes de serem novamente lançados sobre as paredes do reactor nuclear. Um conversor de corrente contínua em alternada envia a potência debitada pelo gerador MHD.

A simplicidade evidente da instalação de um gerador funcionando em circuito fechado constitui um atractivo incontestável deste modo de funcionamento.

GERADOR MHD DE CORRENTE ALTERNADA

Até agora só foram examinados os geradores MHD debitando energia eléctrica sob a forma de corrente contínua. Este modo de funcionamento do gerador é caracterizado por uma tensão de saída relativamente baixa (cerca de 1.000 V no máximo) e por uma intensidade de corrente muito grande podendo atingir muitas centenas de milhares de ampéres.

Pode-se perguntar em que medida um gerador fornecendo a sua energia sob uma tensão alternada teria interesse.

A priori, esta questão é muito plausível, porque um gerador desses evita sobretudo o emprego de conversores, sempre caros, devido à potência a transformar (muitas centenas de MW).

Como se trata, afinal, de um condutor gasoso em movimento pode-se tentar fazê-lo escoar frente a um sistema de enrolamentos polifásicos produzindo um campo magnético progressivo, deslocando-se no mesmo sentido e com uma velocidade comparável à do fluido. O conjunto constitui uma máquina assíncrona planificada. As correntes geradas no gás ionizado fazem aparecer uma força electromotriz nos enrolamentos com produção de potência activa. Tal como um gerador assíncrono, o gerador utiliza a potência reactiva que deve ser fornecida pela rede ou por condensadores.

Entre as características do gerador MHD-AC, expressas tendo em conta o escorregamento S, podem-se apresentar a sua potência volúmica útil Pu, o seu rendimento isentrópico n e o seu factor de potência expresso pela tangente do ângulo φ. As relações são as seguintes:

$$P_u = \sigma_0 B^2 V^2 \frac{S}{1+S}$$

$$n = (1+S)^{-1}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 2 (R_m S)^{-1}$$

em que R_m é o número de Reynolds magnético: $R_m = \mu \sigma_0 VL$ (L é o comprimento do canal).

Este número é normalmente muito pequeno nos geradores MHD estudados correntemente. Note-se que foi aqui introduzido por analogia com o número de Reynolds encontrado nos problemas de escoamento dos fluidos.

Adoptando os valores seguintes:

$$S = \frac{1}{3}; V = 800 \text{ m/s}; \sigma = 20 \text{ mho/m}; B = 1{,}4 \text{ T}$$

$$\omega = 10^2; L = 12\text{m obtém-se}$$

$$Pu = 6{,}4 \text{ MW/m}^2; n = 0{,}75; \operatorname{tg} \varphi = 80.$$

A potência volúmica, embora aceitável, é sensìvelmente menor que a debitada por um gerador MHD de corrente contínua. O factor de potência, pelo contrário, é muito baixo. Com efeito, assinalámos anteriormente que a potência mínima para que o gerador MHD seja rentável é de cerca de 400 MW. Tornando como base o valor de 80 para $tg\ \varphi$, a potência reactiva a fornecer a um tal gerador seria pelo menos de 32×10^3 MVAr. Esta potência reactiva é considerável e deve ser fornecida ao gerador por um dispositivo com perdas nìtidamente inferiores a 1 %, afim de não prejudicar de maneira sensível o rendimento global da instalação.

Esta dupla dificuldade, juntamente com o estado actual da técnica dos condensadores e dos compensadores torna o emprego do gerador MHD-AC muito duvidoso, senão mesmo impossível por agora.

Existem outros tipos de geradores de indução: os geradores chamados de plasma pulsátil ou estriado. Pode-se pensar com efeito, em variar periòdicamente a condutibilidade eléctrica de gás injectando-lhe por lufadas ou introduzindo o material inseminado duma maneira pulsátil. O campo magnético estabelecido entre os polos é periòdicamente enfraquecido e uma corrente é induzida no enrolamento do electromagneto ou num enrolamento distinto. Este tipo de gerador deu

lugar até agora a poucos trabalhos importantes e não parece apresentar, *a priori*, em rélação ao gerador de corrente contínua, maior interesse que o gerador assíncrono.

Em conclusão, não parece que o gerador MHD de corrente alternada tenha um futuro tão prometedor como o de corrente contínua, mais interessante pelos seus resultados e pela simplicidade do seu princípio de funcionamento.

CAPÍTULO IV

Dificuldades encontradas na construção do gerador e soluções propostas

Um gerador MHD não pode funcionar de uma maneira rentável sem que a condutibilidade eléctrica do gás seja suficiente, o que exige uma temperatura elevada para este último. Tendo em conta as dimensões importantes dos canais de expansão, as altas temperaturas das paredes internas, em contacto com os gases quentes, originam tensões térmicas e mecânicas por vezes perigosas. Esta dificuldade não é, no entanto, única. A reacção química do material inseminado às temperaturas elevadas é importante; a corrosão resultante foi até aqui a causa da limitação da duração de funcionamento dos geradores. Com efeito, uma dificuldade essencial na realização dos geradores MHD reside no facto de os materiais utilizados para as paredes de expansor não poderem resistir às temperaturas para as quais a condutibilidade eléctrica do gás é suficiente. Procura-se portanto, por um lado aumentar a condutibilidade eléctrica do gás a temperaturas menos elevadas, e por outro lado, encontrar materiais de construção resistindo às temperaturas o mais elevadas possível nas condições de erosão e de corrosão impostas pelo jacto de gás. É preciso, também, assinalar o problema da realização de um campo magnético intenso num volume importante sem atingir perdas e um custo proibitivos.

A CONDUTIBILIDADE DE PLASMA

Nos capítulos precedentes tratou-se da condutibilidade eléctrica, no equilíbrio dos plasmas, e da necessidade de inseminar os gases para aumentar a condutibilidade eléctrica. A discussão era baseada na hipótese de uma dissociação de origem térmica do gás.

Os trabalhos em curso referem-se à escolha de materiais cuja energia de excitação térmica seja a menor possível e sobre a maneira de tornar os portadores livres mais energéticos. Foi sugerida recentemente a substituição dos metais alcalinos por partículas de óxido de bário de pequenas dimensões (algumas dezenas de micra) cujo trabalho de extracção eléctrica ($\sim$ 2 e V) é menor que a energia de ionização térmica dos metais alcalinos.

Apesar desta sugestão parecer sedutora ainda não recebeu aplicação prática; talvez haja a recear uma reacção química do gás sobre as partículas que traria um acréscimo importante do trabalho de extracção.

Este mecanismo é bem conhecido nos cátodos de óxido em que a emissão diminui ao longo do tempo, por deterioração da superfície de emissão devido à absorção do gás residual contido na ampola.

Uma tendência muito nítida que se desenha actualmente consiste em aquecer selectivamente os portadores mantendo a uma temperatura aceitável os iões e o gás (cerca de 1.800° K). Trata-se portanto de lidar com eléctrões «quentes» que já não estão em equilíbrio térmico com o gás.

Realiza-se o aquecimento selectivo dos electrões aplicando um campo eléctrico ao plasma Devido à sua grande mobilidade e à sua massa ser pequena, os electrões podem absorver mais energia ao campo eléctrico (efeito de Joule). Se a sua densidade é suficientemente grande ($n > 10^{15}$ m^{-3}), os electrões trocam mais ràpidamente entre si, do que em colisões com os átomos gasosos e os iões, a energia adquirida ao campo; atingem portanto uma temperatura superior a estes últimos. Aumentando a temperatura dos electrões, a sua densidade torna-se mais importante (na equação de Saha, a temperatura correntemente utilizada — a temperatura do gás — é substituída pela temperatura electrónica).

O acréscimo da energia média pelo campo eléctrico pode ser efectuado de duas maneiras:

a) Dissipação da energia por efeito Joule, provindo de um campo eléctrico estático; este método apresenta uma dificuldade importante: a energia dissipada é considerável (500 MW/m^3).

b) Dissipação da energia proveniente de um campo eléctrico induzido; este método convém particularmente para um gás frio.

Com efeito, devido à sua baixa condutibilidade eléctrica, o gás frio é sede de um campo eléctrico interno que permite aumentar sensìvelmente a energia média dos electrões.

Mas estes processos podem acarretar instabilidades térmicas do plasma devido ao efeito cumulativo do campo sobre o plasma — o acréscimo da condutibilidade eléctrica do plasma implicando um débito mais elevado e consequentemente um aumento da temperatura do plasma — susceptíveis de alterar as potências fornecidas pelo gerador MHD.

Estudos teóricos recentes sobre as características dos geradores MHD, sedes de instabilidades de plasma (de origem térmica) mostram que essas instabilidades podem ser reduzidas de maneira sensível sobretudo nos geradores MHD do tipo Hall.

Foi também sugerido o emprego de ondas de choque para aumentar a condutibilidade eléctrica do plasma. O acréscimo da temperatura do plasma durante a passagem da frente da onda de choque seria suficiente para multiplicar a sua condutibilidade por 100. O interesse deste processo residiria no facto de o tempo de recombinação dos electrões e dos iões no plasma ser maior que a constante de tempo térmica do gás, e portanto a densidade dos portadores livres corresponder a uma temperatura mais elevada que a tempera-

tura média do gás. Dispõe-se assim de um método que permite obter uma condutibilidade eléctrica aceitável mantendo o plasma a uma temperatura mais baixa.

Assinalemos ainda que foi proposto ionizar o gás por radiamento electro-magnético nuclear ou ainda utilizando um campo intenso (efeito Zeeman). Mas estas propostas parecem ter um carácter essencialmente académico.

AS PAREDES DOS CANAIS DE EXPANSÃO

O problema das paredes dos canais de expansão deve ser abordado sob um duplo aspecto: o das suas dimensões em relação às propriedades mecânicas, e o da sua natureza tendo em vista resistir aos agentes químicos e à temperatura de funcionamento do gerador. O primeiro ponto está em vias de uma boa solução; actualmente é recomendado utilizar paredes isoladoras delgadas (alguns milímetros de espessura) cuja face exterior é coberta por um condutor maciço (geralmente cobre) referigerado por água; é a técnica dita «das paredes delgadas». Com efeito este problema é muito importante porque a densidade de potência a evacuar pelas paredes é da ordem de 500W/cm², valor cerca de 100 vezes superior ao dissipado nos geradores convencionais.

A técnica utilizada até agora na Europa, consiste em construir paredes espessas de alumina ou de zircónio (ou por vezes em mistura) ou outros materiais refractários. Esta solução verificou-se ser pouco satisfatória do ponto de vista mecânico: notam-se fracturas nas paredes em seguida a gradiantes de temperatura muito elevados.

Foi a introdução da técnica das paredes frias que

QUADRO VI

PROPRIEDADES DE ALGUNS MATERIAIS PARA O CANAL DE EXPANSÃO DOS GERADORES MHD

Material	Temperatura de fusão (°C)	Densidade	Resistividade (Ω m)	Condutibilidade térmica (cal. cm/cm²)	Perda de peso a 2000°C (mg/cm²/h)	Temperatura máxima de utilização (°C)	Observações
Nitrato de bório (BN)	2730	2	$1{,}24.10^2$ (1000° C)	0,7 (1000° C)	volatiliza-se	2000	Decompõe-se a 2000° C.
Óxido de berílio (BeO)	2400	2,3	15 (2000° C)	0,04 (1000° C)	27	2000	—
Óxido de háfnio (HfO_2)	2820	9,5	5 (2000° C)	—	2	2200	Mudança de fase a 1800° C com contracção de cerca de 4 %. Boa resistência aos choques térmicos.
Óxido de magnésio (MgO)	2800	3,5	10 (2000° C)	0,15 (1000° C)	50	2000	Resistência medíocre aos choques térmicos.
Óxido de tório (ThO_2)	3000	9,5	5 (2000° C)	0,006 (1000° C)	1	2300	idem
Óxido de zircónio (ZrO_2)	2700	5,7	0,01 (2000° C)	0,006 (1000° C)	1	2300	Mudança de fase a a 1000° C com contracção de cerca de 10 %. Deve ser estabilizado com MgO e CaO.
Carbono (C)	3700	1,8	$4.5 10^{-5}$ (1000° C)	0,13 (1000° C)	—	2000	Comportamento medíocre em atmosfera oxidante.
Tântalo (Ta)	3000	16,6	6.10^{-7} (1000° C)	0,12 (1000° C)	—	1500	idem
Tungsténio (W)	3370	19,3	3.10^{-7} (1000° C)	0,29 (1000° C)	—	2000	idem

N. B. — Os valores dados para a resistividade são aproximadas. A resistividade dos óxidos metálicos depende, de uma maneira sensível, da sua preparação.

permitiu realizar progressos maisnotáveis em tempoi de funcionamento dos geradores MHD.

O estudo da natureza dos materiais para as vias de escoamento foi desenvolvido em numerosos laboratórios. Actualmente pensa-se nas soluções seguintes, em particular:

1) Para as paredes utilizadas na técnica das paredes frias: magnésia para curtos tempos de funcionamento, $Ca\ ZrO_3$ $Sr\ ZrO_3$ para ensaios de grande duração.

2) Para as paredes condutoras, quer dizer os eléctrodos que recolhem os electrões desviados pelo campo magnético: $ZrB_2 + Mo\ Si_2$ e $Zr\ B_2 + Ni$; Sic recristalizado a 2.100° C e eléctrodos mistos: zircónio, metais nobres ou zircónio-grafite.

No estudo das paredes condutoras, o problema tem mais um carácter químico que electrónico. Com efeito, a temperatura das paredes é suficientemente elevada para assegurar uma emissão termoeléctrica útil, mesmo para os grandes débitos propostos para os geradores MHD. Pelo contrário, a actividade química particular de material inseminado é a principal preocupação neste género de problemas.

O ELECTROMAGNETO

O electromagneto, munido de um enrolamento, constitui a solução imediata. Admite-se que o rendimento óptimo de um gerador MHD provido de um tal electromagneto é atingido para uma indução magnética de 3 T. Nestas condições a potência consumida pelo electromagneto é cerca de 5 % da potência debitada pelo gerador.

Apesar de o rendimento global de um gerador MHD equipado com um tal electromagneto ser ainda superior a 50 %, o que constitui um progresso sensível em relação aos rendimentos das centrais térmicas, seria interessante evitar estas quedas de rendimento. Os enrolamentos de supracondutores constituiriam uma solução elegante porque não apresentam nem perdas por efeito Joule nem perdas no ferro (por histerese e por correntes de Foucault) pois o circuito magnético não tem ferro. Mas esta técnica tem também os seus inconvenientes: necessidade de protecção eficaz contra as explosões e o incêndio (com efeito, as perdas de Joule originadas no circuito seriam enormes se a temperatura do circuito supracondutor ultrapassasse a temperatura crítica); preço elevado do hélio líquido (12 000$00 litro) devido ao preço exorbitante das instalações de liquefacção do hélio em grande escala; a produção dos materiais supracondutores é ainda muito limitada; com efeito, a quantidade de material supracondutor necessária para a realização de um gerador MHD de grande potência ultrapassa largamente a produção anual mundial no estado actual da técnica.

No entanto os supracondutores seriam mais competitivos se a sua temperatura crítica pudesse ser pelo menos igual à do ar líquido (80° K) e se o seu campo magnético crítico fosse superior a vários Tesla. Com efeito, o preço de ar líquido é cerca de 200 vezes inferior ao do élio líquido. Evitar-se-iam assim as dificuldades da recuperação do hélio evaporado, necessária pela raridade relativa deste gás.

Substâncias orgânicas — de ligação dupla alternada e fechada — chamam a atenção de alguns investigadores, que julgam poder constituir materiais supracondutores, cuja temperatura crítica seria vizinha de 270° K com essas substâncias. No entanto, estes trabalhos fundados na analogia existente entre o mecanismo electrónico de supracondutibilidade e a natureza de algumas ligações orgânicas, são ainda principalmente especulações e não objecto de investigações intensivas.

Pode-se portanto notar, pelo que foi dito, a variedade e a importância dos trabalhos efectuados tendo em vista melhorar os resultados dos geradores MHD.

CAPÍTULO V

Resultados actuais dos geradores MHD e perspectivas futuras

Os trabalhos experimentais sobre os geradores MHD são bastante recentes. Datam de cerca de 1958. Assinalemos, no entanto, os trabalhos de Karlowitz (Estados Unidos) cerca de 1933 mas cujos resultados foram negativos. Conhece-se actualmente a causa do seu desaire: a muita baixa condutibilidade eléctrica do plasma utilizado, devido a uma temperatura manifestamente insuficiente deste último (800° C).

Desde 1958, os grandes laboratórios lançaram-se no estudo da produção da energia eléctrica por via magnetohidrodinâmica.

Os trabalhos foram orientados até agora em duas direcções distintas: uns trataram da potência máxima susceptível de ser debitada pelo gerador MHD, outros referiram-se ao tempo de funcionamento do gerador em condições de débito mais modestas.

O quadro VII resume os principais resultados, conhecidos, com vista a pôr mais claramente em relevo os progressos realizados no estudo da produção de energia pelos geradores MHD.

QUADRO VII

Data da experiência	Potência eléctrica debitada (MW)	Duração da experiência	Potência térmica (MW)
1959		10 min.	< 0,001
1960		10 min.	0,009
1961	0,01	3 min.	
1962		alguns minutos	1,35
1964	0,01	100 h.	
1964	11	3 min.	40

Este quadro mostra claramente os acréscimos sensíveis da potência debitada realizados durante últimos anos. Apesar de os progressos nesta via serem muito apreciáveis, a potência debitada é ainda nítidamente

insuficiente para atingir um rendimento aceitável. Como se viu, estima-se em 400 MW pelo menos, a potência mínima de um gerador MHD, para que seja mais económico que as centrais térmicas convencionais.

Assinalemos também que a duração da experiência que figura em último lugar foi limitada não devido à erosão do canal, mas pelo aquecimento do enrolamento do electromagneto, que era do tipo corrente com arrefecimento por ar.

O quadro mostra também um aumento sensível dos tempos de funcionamento e um nível de potência dado. O estudo detalhado das condições de trabalho do gerador e a melhoria da qualidade das paredes das vias de expansão estão na base do acréscimo das potências fornecidas.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Os progressos realizados durante estes últimos anos foram apreciáveis. No entanto, ainda é necessário ultrapassar dificuldades muito consideráveis para realizar equipamentos de grande potência. Para ser rentável, um gerador MHD deve funcionar de maneira ininterrupta durante um período da ordem das 10.000 horas a um nível de potência de saída de 500 MW. As principais dificuldades ligadas à realização de tais geradores foram assinaladas no capítulo precedente.

A fim de estudar estes problemas, é necessário proceder a experiência sobre geradores MHD de dimensões industriais, porque os seus resultados dependem largamente do modo de escoamento do plasma na via de expansão. A tendência actual que consiste em aumentar a condutibilidade eléctrica dos gases por aquecimento selectivo dos electrões, pode acarretar instabilidade do plasma, de origem térmica, sobretudo nos do tipo de Hall. Estas instabilidades são susceptíveis de reduzir de uma maneira sensível a condutibilidade eléctrica do plasma.

Verifica-se portanto que estes trabalhos são particularmente onerosos; para dar uma ordem de grandeza, o preço de um gerador MHD do tipo semi-industrial, debitando uma dezena de MW, eleva-se a cerca de 160 mil contos

Apesar deste estado de coisas, o interesse no prosseguimento dos estndos continua, priucipalmente porque o preço do quilowatt instalado, para um gerador MHD, será inferior ao das centrais térmicas convencionais e porque é possível debitar potências importantes (superiores a 500 MW) com tais unidades. Esta última vantagem é apreciável, se se pensar na evolução sempre crescente do consumo da energia eléctrica (admite-se correntemente que o consumo duplique todos os dez anos).

O quadro VIII ilustra claramente, a tendência que se manifesta actualmente na realização de geradores MHD de grande potência.

Deste quadro saem as conclusões seguintes: pode-se prever uma evolução bastante rápida nas potências fornecidas pelos geradores MHD; no entanto um prazo de uma dezena de anos é encarada para a realização de uma unidade de uso industrial.

QUADRO VIII

Potência debitada (MW)	Fase	Prazo
25	Estudo	1963
	Funcionamento durante 500 h	1968
250 (Protótipo)	Estudo	1966
	Funcionamento durante 500 h	1972
1 000	Estudo	1970
	Funcionamento	Depois de 1980

Por outro lado os construtores de material electrotécnico de potência encontram-se igualmente diante de uma outra dificuldade cuja solução pode requerer muitos anos de pesquisas: a conversão em corrente alternada da energia eléctrica debitada necessàriamente sob a forma de corrente contínua pelo gerador MHD. Esta corrente poderá atingir algumas centenas de milhar de ampère a uma tensão em carga não superior a 1.000 V.

Parece essencial converter a energia debitada pelo gerador MHD, de maneira a que seja directamente utilizável pelos consumidores O ondulador é uma solução que atrai as atenções dos construtores de material electrotécnico No entanto, as potências máximas obtidas actualmente são inferiores, várias centenas de vezes, às exigidas pelas características mínimas dos geradores MHD industriais.

Conclusões

Em relação às centrais térmicas convencionais, o gerador MHD oferece vantagens apreciáveis: rendimento energético mais elevado (da ordem dos 55 %), preço de quilowatt instalado menor; manutenção mais fácil, porque o gerador contém poucas partes móveis; possibilidade de debitar, de uma maneira rentável, potências nìtidamente superiores (mais de 500 MW). Estas razões suscitaram um vivo interesse neste domínio e desde alguns anos atrás pesquisas importantes são efectuadas sobre as suas possibilidades reais. Estas investigações são tanto mais difíceis e caras quanto mais necessário se torna estudar experimentalmente as propriedades do gerador MHD de escala industrial, porque os seus resultados dependem largamente das condições de escoamento do plasma na via de expansão.

Em si, o gerador MHD é uma inovação técnica importante, mas a sua introdução nas centrais térmicas parece não poder constituir uma revolução técnica, porque será, na sua versão actual, associado às centrais térmicas convencionais. Com efeito a entalpia dos gases de saída dos geradores MHD pode ser útilmente explorada nos turbo-alternadores das centrais térmicas.

A realização do gerador MHD necessita de disciplinas muito diversas: a física dos plasmas para as propriedades magneto-hidrodinâmicas do gás condutor; a química dos refractários para as propriedades das veias de escoamento; eventualmente a física das muito baixas temperaturas para os enrolamentos de supracondutores e para a técnica dos campos magnéticos intensos.

O gerador para uso industrial poderá estar pronto dentro de cerca de uma dezena de anos; funcionará provàvelmente queimando combustíveis fósseis e em «ciclo aberto». Num futuro mais longínquo—cerca de quinze anos — o gerador MHD funcionará em «ciclo fechado».

O plasma será aquecido a uma temperatura adequada passando por um reactor nuclear. Os progressos realizados nesta via são prometedores, mas bastante lentos. A técnica de funcionamento em ciclo fechado é muito sedutora, porque elimina numa larga proporção as dificuldades inerentes ao funcionamento do gerador em ciclo aberto. Como se viu, estas dificuldades referem se sobretudo à recuperação do material inseminado e ao consumo impressionante de combustíveis e comburentes.

A aparelhagem auxiliar, o conversor de corrente em particular, será também objecto de numerosas pesquisas, tendo em conta a diferença existente entre as potências exigidas pelos geradores MHD e as oferecidas actualmente por esta aparelhagem.

APÊNDICES

1 — Distribuição de Maxwel-Boltzmann

Quando existem partículas livres em densidade suficiente para que elas se possam associar mais ràpidamente entre si (por colisões elásticas ou oscilações colectivas) do que com outros elementos (partículas ou átomos estranhos por exemplo), as suas velocidades repartem-se segundo a lei de distribuição de Maxwell-Boltzmann em torno de uma velocidade média.

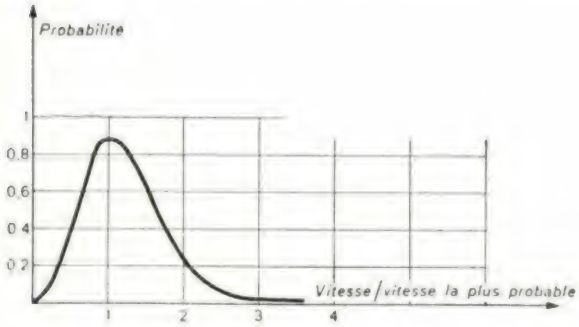


Fig. 11

Num processo excitado tèrmicamente, a fracção das partículas cuja velocidade é sensìvelmente superior à velocidade média, tem um papel preponderante.

2 — Às oscilações do plasma

Até 1950, estudou-se a condutibilidade eléctrica de um plasma, utilizando um modelo individual, quer dizer, analisando a dinâmica de um electrão isolado mergulhado num campo eléctrico e podendo chocar com outras partículas do plasma.

Esta maneira de encarar o problema conduz naturalmente a admitir que a distribuição das velocidades dos electrões não é maxwelliana em presença de um campo eléctrico.

Deve-se ao físico teórico americano Pines o mérito de ter levantado a dificuldade. Para interpretar as observações experimentais, é necessário estudar o problema da interacção de partículas recorrendo ao modelo colectivo. Pines mostrou que um conjunto de electrões pode estar animado de oscilações próprias desde que o comprimento de onda de De Broglie associada ao electrão seja maior que o comprimento de Debye correspondente ao conjunto de electrões. Fìsicamente estas oscilações traduzem-se por uma troca de energia entre o movimento desordenado (energia cinética) e o efeito de «blindagem» devido aos outros electrões que, pela sua mobilidade elevada, tendem a reduzir o desiquilíbrio criado pela deslocação (flutuação) de uma carga.

Um cálculo detalhado do mecanismo de interacção conduz a considerar o comprimento de Debye como critério de separação entre o comportamento colectivo e o comportamento individual. (O comprimento de Debye é a distância média entre partículas tal que a sua energia térmica média compense exactamente a energia potencial).

Quando a distância de interacção é grande comparada com o comprimento de Debye, e o comportamento do conjunto de electrões é do tipo colectivo, e quando a distância de interacção é pequena comparada com o comprimento de Debye, o comportamento dos electrões será descrito pelo modelo individual.

Estas oscilações do plasma têm uma frequência dada pela relação

$$\omega_p = \left(\frac{4\,\pi\,n\,e^2}{\chi\,m}\right)^{1/2}$$

onde n, e, m são a densidade volúmica, a carga e a massa dos electrões, e χ a constante dieléctrica do plasma.

Calculemos aproximadamente a densidade mínima de electrões a partir da qual se pode descrever o respectivo comportamento pelo modelo colectivo.

Para isso, vamos determinar o valor médio da energia dissipada em cada colisão com as partículas do plasma e o valor médio da energia cedida por cada electrão para entreter as oscilações do plasma. O valor médio da energia dissipada em cada colisão é aproximadamente $\frac{2\,m}{M}\,\frac{E}{\tau}$ em que E é a energia do electrão, M a massa da partícula, e τ o tempo médio entre duas colisões sucessivas.

Segundo Pines, o valor médio da energia cedida

por cada electrão para entreter as oscilações do plasma é dado por

$$-\frac{4\,\pi n\, e^4}{m\, v\,.\,\gamma^2}\log\frac{v}{\omega_p\, b}$$

em que v é a velocidade do electrão, b um parâmetro de colisão, sendo geralmente o factor logaritmo próximo da unidade.

Comparando as duas expressões obtém-se

$$n_0 = \frac{1}{2\,\pi}\;\frac{m^2}{M}\;\frac{E\,.\,v\,.\,\gamma^2}{\tau\, e^4}$$

n_0 representa a densidade mínima de electrões para que o seu comportamento seja determinado pelas oscilações do plasma. Nestas condições, o conjunto de electrões está em equilíbrio e a distribuição das velocidades em presença de um campo eléctrico é maxwelliana.

A densidade n_0 na maior parte dos gases é da ordem de $10^{15}\,.\,m^{-3}$. Esta densidade de electrões é pequena comparada com a de um plasma normal. Num gerador MHD, o plasma será portanto caracterizado por uma distribuição maxwelliana de velocidades.

3 — Trajectórias electrónicas no vazio e num campo magnético estático.

Quando um electrão livre, animado de uma velocidade V, se encontra mergulhado num campo magnético estático, orientado perpendicularmente a V, descreve uma órbita circular de raio e frequência angular de revolução respectivamente :

$$r = \frac{VM}{eB} \qquad \omega_c = \frac{eB}{M}$$

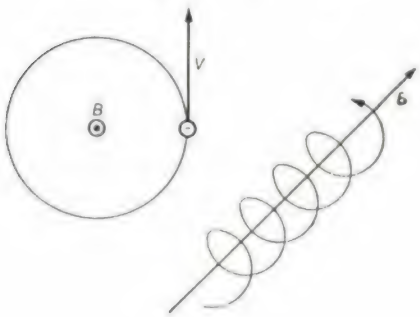


Fig. 12

A órbita descrita pelo electrão é estável. A força centrífuga é exactamente compensada pela força exercida sobre o electrão devida ao campo magnético: $eVB = M\,\omega_c^2\, r$.

Se o electrão se encontrar inicialmente animado de uma velocidade orientada de uma maneira qualquer em relação ao campo magnético estático, a trajectória é helicoidal ao longo de um eixo paralelo ao campo magnético.

O electrão enrola-se em torno das linhas do campo magnético.

4 — Trajectórias dos portadores de carga (electrões e iões positivos) contidos num plasma francamente ionizado em movimento.

Os portadores de carga positivos e negativos, animados da velocidade V de translacção do plasma e mergulhados num campo campo magnético, são submetidos à força eVB que os orienta numa direcção transversal, e a colisão com os átomos de gás que perturbam este movimento de orientação.

A frequência de revolução do ião é pequena comparada com a frequência de colisão. O seu movimento de orientação na direcção transversal é fortemente contrariada pela agitação térmica dos átomos contidos no plasma.

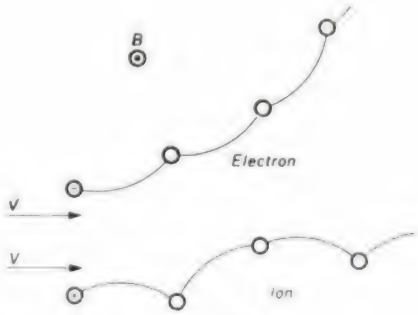


Fig. 13

Devido à sua massa ser mais pequena, o electrão tem uma frequência de revolução mais elevada, comparável à frequência de colisão; a trajectória do electrão será portanto menos perturbada pela agitação térmica do plasma.

5 — Representação esquemática do movimento dos portadores de carga, desprezando a carga espacial, a recombinação e o movimento térmico

Um plasma uniforme é lançado numa região onde existe uma indução magnética B disposta perpendicularmente ao plano da figura e dirigida para cima. Sob a acção do campo magnético e das forças longitudinais provenientes das colisões dos portadores de carga com os átomos, os electrões são desviados no sentido da placa superior e os iões positivos para baixo. Existe uma força de travagem do plasma devida à transferência da quantidade de movimento dos portadores de carga para os átomos, durante a colisão. A força de travagem dos iões será maior que a dos electrões por a sua frequência de colisão ser maior, assim como a quantidade de movimento transferida.

Um eléctrodo injecta electrões no plasma. Na proximidade do eléctrodo superior, apareceria um deficit de iões se não houvesse produção de pares de portadores por dissociação térmica dos átomos de gás.

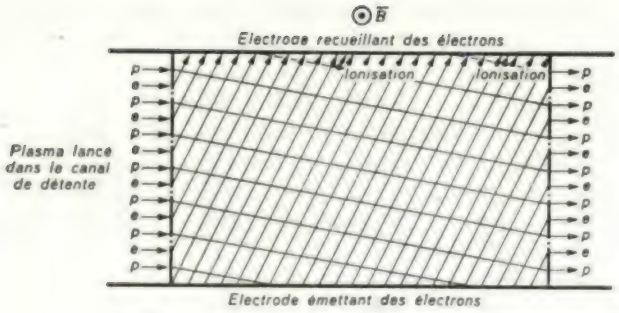


Fig. 14

Os electrões produzidos por este mecanismo são suficientes para neutralizar os iões positivos que atingem o eléctrodo inferior.

À saída do gerador o plasma é neutro.

6 — Dissociação térmica do plasma

As velocidades das partículas de um plasma repartem-se segundo uma distribuição marwelliana em torno de um valor médio. A velocidade média tem um significado físico importante: traduz a energia térmica média das partículas contidas no plasma (kT).

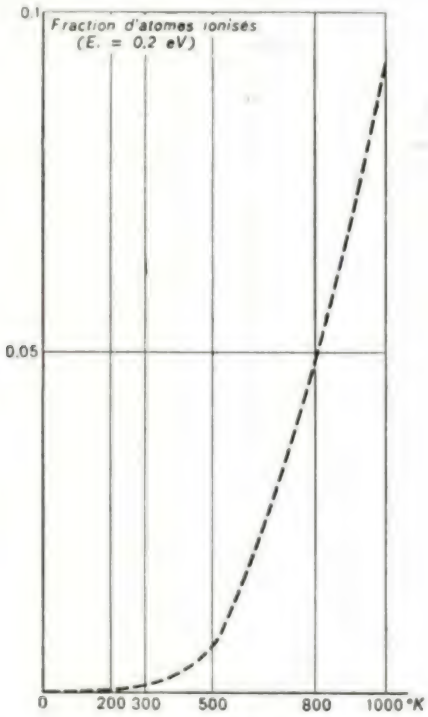


Fig. 15

Estas partículas estão animadas de um movimento caótico, desordenado, e algumas dentre elas possuem energia suficiente para ionizar um átomo durante uma colisão. Uma fracção dos portadores de carga assim criados, neutraliza-se por recombinação. A fracção das partículas cuja energia é suficiente para ionizar é dada por uma expressão da forma $\varepsilon^{\frac{W_1}{kT}}$ onde W_1 é a energia de ionização.

Essa fracção está compreendida num dos extremos da distribuição maxwelliana. A fraca proporção destas partículas é evidente. No entanto, quando a temperatura cresce, esta proporção aumenta ràpidamente como mostra a figura 15 (A figura é puramente ilustrativa, e foi estabelecida para uma energia de ionização fictícia: 0,2 V — valor nìtidamente pequeno em relação aos conhecidos).

Um cálculo mais detalhado fundado na lei de acção das massas mostra que a variação da densidade de electrões livres n, produzido por dissociação térmica é da forma:

$$\frac{n}{N} \sim p^{-\frac{1}{2}} \cdot T^{\frac{5}{4}} \, \varepsilon^{-\frac{W_1}{2kT}}$$

em que T é a temperatura dos electrões. É a equação de Saha.

A densidade de electrões cresce com a raiz da pressão e varia exponencialmente com a metade da energia de dissociação dos átomos do gás.

Isto é devido à criação de pares de portadores (electrões e iões) por dissociação térmica dos átomos de gás contidos no plasma.

De facto, a densidade de portadores é regida por um equilíbrio existente entre o grau de formação térmica dos portadores (gN) e o grau de recombinação dos pares de portadores ($\alpha n N_i = \alpha n^2$).

Nestas relações g e α representam os coeficientes de formação e de recombinação.

Tem se portanto: $gN = \alpha^2$ no equilíbrio.

Esta relação justifica as explicações dadas.

7 — Variação da secção de colisão de um electrão com os diferentes gases, em função da temperatura

A secção de colisão de um electrão com um átomo de gás varia sobretudo com a natureza do gás. Nos gases cuja ligação atómica é do tipo polar, em que as forças de interacção se estendem a distâncias consideráveis, a secção de colisão electrónica é importante.

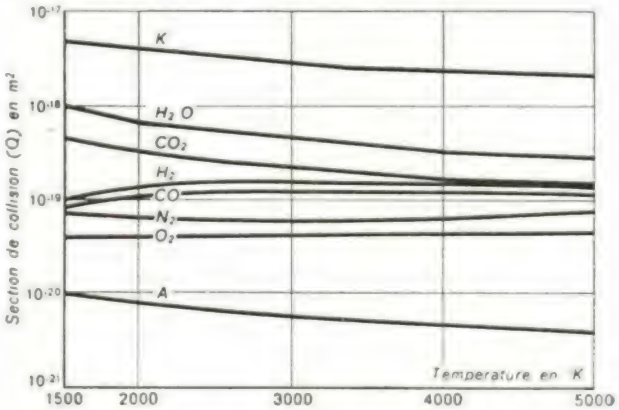


Fig. 16

A influência da temperatura sobre a secção de colisão electrónica é complexa. Com um aquecimento do gás o tempo de interacção electrão-átomo de gás diminui, resultando daí uma dimensão da secção de colisão electrónica, mas a amplitude das forças de interacção — em alguns dos gases cuja ligação atómica é polar — aumenta, provocando um aumento da secção de colisão dos electrões.

8 — Variação da resistividade de alguns metais em função da temperatura, para $T < 300°K$

A resistividade de um metal é devida essencialmente à difusão da energia dos electrões sobre impurezas, imperfeições da rede, vibrações da rede e eventualmente sobre as paredes da amostra. Para materiais suficientemente puros e bem organizados, a resistividade do metal é limitada pelas interacções electrão-vibrações da rede, a temperaturas não muito fracas. Nas baixas temperaturas $\left(T < \frac{\theta}{10}\right)$, a resistividade varia com $\frac{T^5}{\theta^6}$. Para temperaturas elevadas $T < \frac{\theta}{2}$ a resistividade responde a uma relação da forma: $\frac{T}{\theta^2}$. θ é a temperatura de Debye do material. θ representa, na aproximação duma distribuição isótropa dos modos de vibração, a frequência de vibração mais elevada da rede.

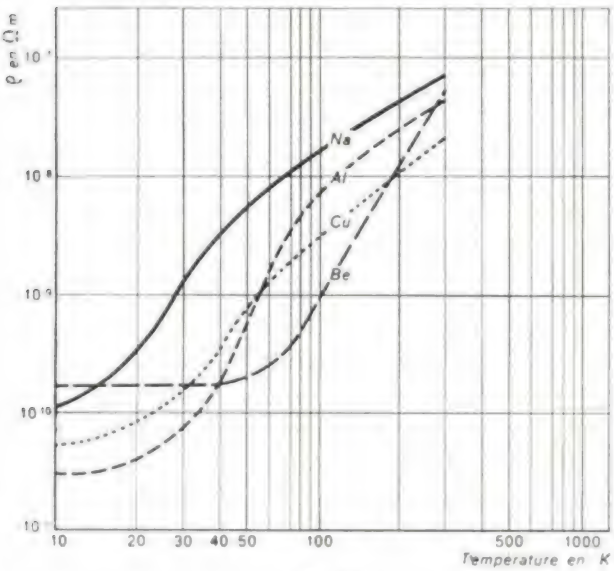


Fig. 17

O valor é, para alguns metais dado no quadro seguinte:

Metal	Li	Na	K	Rb	Cs	Cu	Ag	Au	Al	Ni
θ (°K)	330	180	114	65	45	320	200	200	395	472

9 — Saída do estado do equilíbrio natural do plasma

Na ausência de um campo eléctrico, os diferentes constituintes de plasma (electrões, iões, átomos e moléculas) estão em equilíbrio, trocando contìnuamente energia devido às suas frequentes colisões. A energia média dos diferentes constituintes de plasma é idêntica e é caracterizada pela temperatura do plasma.

Na presença de um campo eléctrico as coisas passam-se de maneira diferente.

Com efeito, as diversas partículas que constituem o plasma estão dotadas de uma mobilidade particular. Os electrões devido à sua pequena massa, possuem uma mobilidade grande e adquirem uma energia muito maior que os iões, energia essa que é cedida pelo campo eléctrico.

Notemos que os iões serão quase insensíveis à acção do campo eléctrico devido às suas frequentes colisões com os átomos do plasma e devido a uma

QUADRO IX

Material	Temperatura crítica em °K (T_c)	Campo crítico H_0 (para T = 0° K) em 10^{-4} T
Alumínio	1,19	99
Cádmio	0,56	30
Estanho	3,722	306
Gálio	1,09	51
Índio	3,407	283
Lantânio α	0,5	—
Lantânio β	5,95	1600
Mercúrio α	4,153	411
Mercúrio β	3,95	340
Nióbio	9,46	1944
Ósmio	0,7	65,82
Chumbo	7,18	803
Rénio	1,7	201
Ruténio	0,49	66
Tântalo	4,482	830
Téctínio	11,2	—
Tálio	1,37	162
Titânio	0,4	100
Urânio α	0,6	≃ 2000
Urânio β	1,8	—
Vanádio	5,3	1310
Zinco	0,88	53
Zircónio	0,75	47
Nb_3 Sn	18,1	21 T
Nb.C	10,1	
Ta.C	9,2	
V_3.Ga	14,5	27 T
Ti.Nb	9,7	14,5 T
Zr.Nb	10,8	13 T

transferência maior de energia durante as colisões com os átomos.

Se os electrões são em número suficientemente grande trocam de preferência a energia entre eles (pelas oscilações do plasma), do que com os outros constituintes do plasma. Estarão portanto em equilíbrio caracterizado por uma temperatura electrónica T_e superior à do plasma T_a. Diz-se então, que o plasma saiu do seu estado de equilíbrio natural e que os electrões são quentes.

Podemos calcular aproximadamente a temperatura electrónica, igualando a energia ganha ao campo eléctrico pelos electrões à energia dissipada por estes quando chocam com os outros constituintes do plasma.

A energia dissipada por colisão vale aproximadamente $\frac{2\,m\,k}{M}(T_e - T_a)$ em que m e M são as massas de um electrão e de um constituinte do plasma, respectivamente; e k a constante de Boltzmann.

A energia ganha ao campo F entre duas colisões vale $\frac{e^2 \tau^2 F^2}{m}$ onde τ é o tempo médio entre duas colisões sucessivas.

Obtém se portanto

$$T_e - T_a = \left(\frac{e\,\tau\,F}{m}\right)^2 \frac{M}{2\,k}$$

A temperatura electrónica T_e aumenta ràpidamente com intensidade do campo eléctrico. Vê-se assim o interesse muito particular que tem a utilização de electrões quentes nos geradores MHD, se nos lembrarmos da equação de Saha anteriormente apresentada.

10 — Propriedades de alguns elementos e substâncias supracondutores (V. quadro IX).

Um supracondutor é caracterizado por uma condutibidade eléctrica superior a $10^{23}\ \Omega^{-1}\ m^{-1}$ na ausência de um campo magnético e a uma temperatura inferior à temperatura crítica T_c a condutibilidade diminui ràpidamente e torna-se menor que $10^{11}\ \Omega^{-1}\ m^{-1}$.

Um campo magnético denominado campo crítico pode eliminar a supracondutibilidade do material. A uma temperatura não nula mas inferior à temperatura crítica, o campo magnético H_c, capaz de eliminar a supracondutibilidade é dado por

$$\frac{H_c}{H_0} = 1 - \left(\frac{T}{T_c}\right)^2$$

Num supracondutor, os iões que constituem a rede são desviados da sua posição média do equilíbrio pelo campo da polarização criado pela passagem de um electrão. Os iões são perturbados durante o tempo suficiente para que um segundo electrão passe nesse lugar antes do retorno do ião à sua posição de equilíbrio. O segundo electrão está ligado ao primeiro pela energia do deslocamento do ião. Assim, cada electrão prepara a passagem do seguinte.

Percebe-se fàcilmente que a supracondutibidade de um material depende da sua estrutura.

R. COFFAUX

(Trad. ACEC—Revue, 1965, n.º 4, págs. 15-32)

FÁBRICA PARA EXPLORAÇÃO DUMA NOVA TÉCNICA DE RECUPERAÇÃO DE MOLIBDÉNIO

C. D. U. 622.7 553.46

Uma nova instalação para o tratamento hidrometalúrgico de mineral no valor de 18 milhões de dólares e que permite a recuperação do óxido de molibdénio, foi inaugurada em Climax, Estado do Colorado (U.S.A).

Esta nova instalação foi executada para assegurar a continuidade de produção do molibdénio, metal estratégico principalmente utilizado nos aços, ferros fundidos e ligas. A nova fábrica constitui o complemento de um conjunto mineiro e de transformação industrial que está situado a 4000 metros acima do nível do mar, no coração das Montanhas Rochosas do Colorado a cerca de 160 quilómetros a sudoeste de Denver e cuja importância é considerável. A produção prevista inicialmente para o primeiro ano deve alcançar 1500 toneladas de molibdénio.

Até este processo ser desenvolvido, todo o molibdénio produzido em Climax apresentava-se sob a forma de sulfureto. A totalidade do molibdénio sob a forma de óxido não podia ser recuperada e era eliminada com os resíduos. Graças a esta nova fábrica o mineral pode ser tratado em duas fases: uma primeira para recuperação do sulfureto e uma segunda para extracção do óxido.

Ainda que seja apenas uma percentagem relativamente fraca da produção de Climax que apresenta um teor suficiente de óxido da molibdénio para ser tratado por este processo, pela nova fábrica vão passar quotidianamente 5700 toneladas de mineral, sendo recuperados 680 gramas de molibdénio por tonelada bruta tratada.

A construção da nova fábrica foi empreendida em 1964 e o primeiro envio de óxido de molibdénio

Fig. 1 — Um novo processo de recuperação de óxido de molibdénio vai ser instalado junto do complexo industrial de Climax. A nova fábrica (o longo edifício de paredes metálicas) fornecerá actualmente ao mercado mundial 1500 toneladas suplementares de molibdénio.

Fig 2 — A maior parte do óxido de molibdénio apresenta-se nos residuos da pulverização do mineral. Uma primeira operação de separação de óxido é feita graças a um sistema de ciclones de três andares. Os produtos minerais assim obtidos são tratados mecânicamente para libertar as partículas que contêm o óx do de molibdénio. Depois da separação primária as lamas são concentradas num aparelho concentrador de 53 metros de diâmetro, até à obtenção dum teor de 50 % da matéria sólida e bombeadas para a instalação de tratamento químico.

(de teor elevado e maior que 65 % e qualidade excelente) foi efectuada em Setembro último. As instalações realizadas para este processo, únicas no seu género, estão centralizadas em dois importantes edifícios: um é utilizado para a préconcentração dos óxidos e tem uma superfície de cerca de 650 m² por uma altura de 18 m; o outro tem as impressionantes dimensões de 134 metros de comprimento por 24 de largura e 21 de altura e abriga um conjunto de cuvas de adsorpção, colunas de reactores e um complexo dispositivo para extracção e recuperação do óxido de molibdénio.

Das minas de Climax, inauguradas em 1918, extraiem-se actualmente 42 000 toneladas de mineral, a que correspondeu em 1965 a produção de 22 500 toneladas de molibdénio. A sua principal produção é a do concentrado de molibdenite que é enviado para a fábrica de Langeloth na Pensilvânia onde é submetido a um processo de calcinação para conversão em óxido de molibdénio. Uma segunda fábrica foi recentemente inaugurada em Roterdão na Holanda assegurando assim o abastecimento do mercado europeu.

(News about Climax Malybdenum, S. A.)

O MÍNIMO DE PRODUÇÃO DE ENTROPIA NO ESCOAMENTO UNIFORME DUM FLUIDO NEWTONIANO

ERRATA

Por lapso de revisão, este trabalho saíu com algumas gralhas, de que se assinalam a seguir as mais importantes, sob o aspecto formal:

Capítulos 2 e 3, com excepção da expressão 9), onde se lê μ deve ler-se μ^*.

No § 2.2 deve acrescentar-se

$$\mu^* = \frac{\mu}{T}$$

sendo T — Temperatura absoluta.

No § 3.3, expressão 10) multiplicar o segundo membro por $\frac{1}{T}$.

Ao longo do texto lê-se por vezes Rietz. A grafia correcta é Ritz.

Resumos dos artigos publicados na Técnica n.º 363

Ano XLI — Dezembro 1966

Sales Luís C. D. U. 536.75 : 530.12

Tensor energia-impulsão entrópica

Técnica No. 363 — XLI — 12. 1966, pág. 97-101.

Tendo induzido que, à escala relativista, os fenómenos térmicos são devidamente interpretados admitindo a existência de um momentum associado à «energia ligada» do sistema, é introduzido um novo 4-vector (4-vector-impulsão entrópica) e um novo tensor (tensor energia-impulsão entrópica). Como consequências do formalismo proposto, salientam-se: a expressão relativista do segundo princípio da termodinâmica e a expressão de Einstein generalizada para os sistemas com dissipação. Além disso, admitindo-se a invariância da entropia (Planck), mostra-se que a temperatura se transforma como uma massa e não como um volume.

J. Brasão Farinha C. D. U. 624.072.2

Vigas em consola

Técnica No. 363 — XLI — 12. 1966, pág. 103-111.

Cálculo de flechas de vigas em consola, de eixo rectilíneo e momento de inércia constante ou variável, através da consideração de vigas encastradas num dos extremos e apoiadas no outro, o qual sofre um deslocamento vertical. Cálculo das flechas através do método geral, considerando também o caso de vigas de eixo circular.

J. Madeira Costa C. D. U. 624.155.001

Método gráfico-analítico para a determinação das solicitações em maciços de duas estacas

Técnica No. 363 — XLI — 12. 1966, pág 113-118.

Apresenta-se um método gráfico-analítico que permite obter ràpidamente os esforços actuantes nas estacas tendo em conta a deformação do sistema.
Como método gráfico, evidencia as modificações de geometria mais convenientes para se obter a solução satisfatória.

Gustavo de Castro C. D. U. 621.391

Códigos separáveis ou ùnicamente decifráveis, primitivos ou imediatamente decifráveis

Técnica No. 363 — XLI — 12. 1966, pág. 119-128.

Os primeiros problemas dos códigos para canais discretos, a primitividade e a separabilidade, são repensados com as novidades de forma que exprimem a diversidade de temperamentos. Todavia, a forma que se dá, por fim, à condição Szilard-Kraft parece ter mais do que uma vantagem sobre a tradicional, e merecer uma menção especial. Outro tanto acontece, talvez, com a alternativa que se propõe para o procedimento de Sardinas e Patterson. Todas as outras novidades são triviais.

Bento Leal C. D. U. 517.521.2

Um apontamento sobre séries útil para o cálculo de limites

Técnica No. 363 — XLI — 12. 1966, pág. 129-132.

Apresenta-se, como generalização dum resultado conhecido (Cauchy), uma expressão que relaciona os limites duma série e dum integral
Justifica-se a sua aplicação no cálculo de limites.

Synopsis of articles published in «Técnica» nº 363

XLI — December 1966

GUSTAVO DE CASTRO — UDC 621.391

Uniquely and instantaneously deciphrable codes

Técnica No. 363 — XLI — 12. 1966, pp. 119-128.

The first problems of codes for discrete channels, unique and instantaneous deciphrability, are thougt anew with new forms to be repected. Yet, the last formulation of the Szilard-Kraft condition seems better than the traditional one and deserves mention. The same is, perhaps, true of the procedure given instead of the one by Sardinas and Patterson if, of course, there is any difference

SALES LUÍS — UDC 536.75 : 530.12

Enthropic energy — momentum tensor

Técnica No. 363 — XLI — 12. 1966, pp. 97-101.

After having induced that, from a relativitic point o view, thermic phenomena can be correctly interpreted by assuming the existence of a momentum connected with the «bound energy» of a system, the author introduces a new 4-vector (enthropic energy-momentum tensor). As a consequence of this formalism, the relativistic expression of the second principle of thermodynamics and Einstein's expression generalized to dissipating systems are presented.
Furthermore, assuming the invariance of the enthropy (Planck), it is shown that the temperature is transformed like a mass, not like a volume.

BENTO LEAL — UDC 517.521.2

A note on series with a view to the calculation of imits

Técnica No. 363 — XLI — 12. 1966, pp. 129-132.

Generalizing a well known resu t (Cauchy), the author presents an expression which states de relation between the limits of a series and of an integral.
Its application to the calculation of limits is justified.

J. BRASÃO FARINHA — UDC 624.072.2

Cantilever beams

Técnica No. 363 — XLI — 12. 1966, pp. 103-111.

The calculation of the deflection in cantilever beams with rectilineal axis and constant or variable inertia is accomplished by considering a beam with one of its extremes fixed and the other freely supported, this latter suffering a vertical displacement.
It is also used the general n ethod to calculate deflections, the case of circular axis beams being considered.

J. MADEIRA COSTA — UDC 624.155.001

Design method for the determination of load in groups of two piles

Técnica No. 363 — XLI — 12. 1966, pp. 113-118.

This paper presents a method of design giving easily the forces along the piles in groups of two piles.
The method proposed gives with the axial forces also moments and shear forces at the top and other sections.
The method is particulery usefull for obtaining the type of foundation more satisfactory.

BIBLIOTECA
FICHEIRO

Classificadores responsáveis:

Bruno Soares, Duarte Cunha, Silva Casimiro, Tavares Pires

Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por CDU (Classificação Decimal Universal).

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina de 75 × 125 mm.

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita,* independentemente do número de algarismos que o índice contiver, e respeitando a seguinte regra de arrumação dos sinais auxiliares:

+ / n.os simples : [ ] = (01/09) (1/9) (=) " "A/Z — .0 .00

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T.

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro classificado segundo a CDU.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

BIBLIOGRAFIA

C. D. U. 691.54

Prontuario del Hormigon

por *Alfred Hummel*

Editores Tecnicos Asociados, S. A.

Barcelona, Espanha

Trata-se da tradução espanhola da 12.ª edição da obra em alemão de Alfred Hummel.

O objectivo do autor é dar a conhecer ao estudioso e ao prático os fundamentos da tecnologia do cimento.

Os profundos conhecimentos e a extensa prática do autor são a melhor garantia de tal se conseguir.

Os diversos temas são tratados de um modo sistemático de acordo com a sua importância, proporcionando ao leitor uma série de conselhos práticos sem dúvida de grande utilidade na resolução do seu problema

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 413.164.539.3/.5
413.164:624.04

Vocabulário de teoria das estruturas

Especificação E 183 — 1966, 11-966.

C. D. U. 530.14

Le principe d'incertitude et les états atomiques et subatomiques de courte période.

Endeavour, 5-966, vol. 25, n.º 95, pág. 59-64.

Um resultado prático do princípio de incerteza de Heisenberg é que os raios dos espectros de absorção e de emissão devem ter uma largura finita. Neste artigo descreve-se a aplicação deste princípio aos espectros dos átomos, dos iões e das partículas nucleares e mostra-se como ele pode ser utilizado para detectar e medir os tempos de existência de partículas ressonantes que não existem senão durante 10^{-23} segundos.

C. D. U. 532.532
532.533.5 : 532.532

La dissipation de l'énergie dans un évacuateur en saut de ski. Observation de l'érosion — *L. Veiga Cunha, A. C. Lencastre.*

Memória n.º 288 do LNEC, 11-966.

C. D. U. 535.24 : 545.28 : 545.83

Utilizacion practica de los limites de concentración en fotometria de llama por absorción atomica — *J. Ramirez - Muñoz.*

Revista de la Universidad Industrial de Santander, 1965, vol. 7, n.º 4, pág. 233-239.

Apresenta-se uma discussão dos usos práticos dos limites de concentração obtidos experimentalmente com instrumentos de fotometria de chama por absorpção atómica, tendo em vista ajudar a preparação prática das amostras originais. Isto permite uma ideia prévia se uma determinação pode ser efectuada com o equipamento disponível, por conhecimento dos dados necessários acerca de tamanho da amostra, concentração original, diluição prévia, etc. São apresentados alguns exemplos.

SOCIEDADE DE CONSTRUÇÕES AMADEU GAUDÊNCIO LIMITADA

Escritório e Oficinas
R. Dr. Alexandre Braga, 4-A
LISBOA

ARQUITECTURA E ENGENHARIA

R. DR. ALEXANDRE BRAGA, 4-A

TELEFONES:
P.P.C.A. 43191 - 43192 - 43193

END. TELEGRÁFICO:
«CONSTRUÇÃO»

•

CONSTRUÇÕES CIVIS

•

BETÃO ARMADO
E PRE-ESFORÇADO

•

CARPINTARIA
MECÂNICA

•

TRABALHOS
DE PINTURA
E ESTUQUES

•

DEPÓSITO DE MATERIAIS:

ESTRADA DE MOSCAVIDE, 17-19

Telefone 38 90 72

LISBOA

instrumentos comprovados

O espirito critico dos Técnicos é elevado. Eles trabalham com a maior exactidão.
A precisão que se espera do seu trabalho é a mesma que exigem dos seus instrumentos de desenho.
Os Técnicos sabem assim porque exigem os instrumentos comprovados rOtring:
Rapidograph e Variant para desenhar linhas conf. NP 62 e DIN 15.
rOtring Varioscript para desenhar letras conf. NP 89 e DIN 1451.

rOtring

Rapidograph - Variant - Varioscript
Escantilhões - Tinta da china

à venda no comércio da especialidade

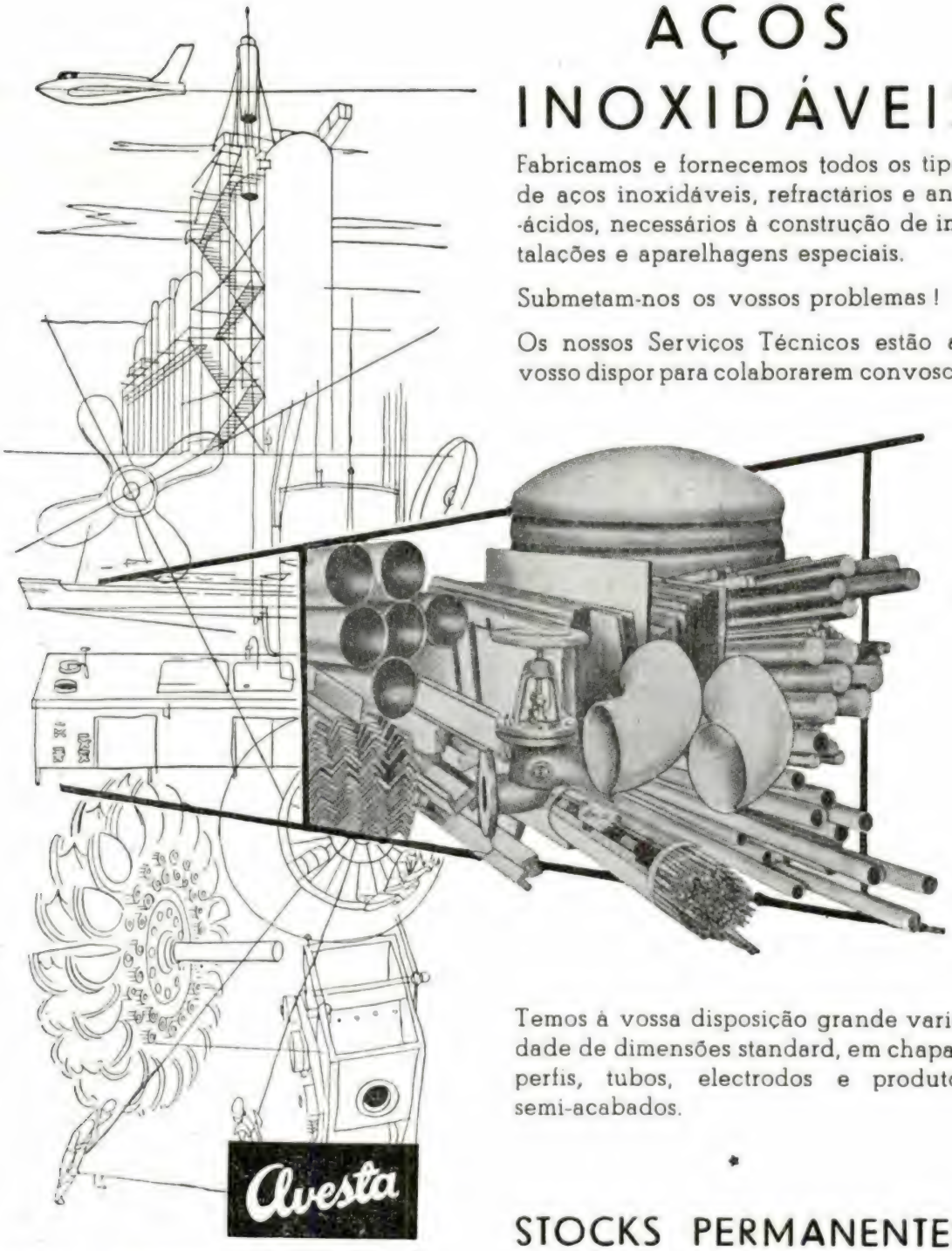
Representante — ARTUR WESTHEIMER, LDA. - LISBOA

AÇOS INOXIDÁVEIS

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessários à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco.



Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis, tubos, electrodos e produtos semi-acabados.

*

STOCKS PERMANENTES

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA — SUÉCIA

Representantes Exclusivos para Portugal e Ultramar:

A. JOHNSON & Co (PORTUGAL), L.DA

SEDE EM LISBOA:
Praça José Fontana, 11-1.º
Telef. 537015-537016-537017-537018

FILIAL NO PORTO:
R. Dr. António Granjo, 160/168
Telef. 54666

C. D. U. 539.12

Las particulas elementales — *L. H. Acera.*

Ion, 9-966, vol. 26, n.º 302, pág. 520-523.

Descrição sucinta das 34 partículas elementares conhecidas.

C. D. U. 536.2 : 699 86

Mesures de la conductivité thermique de materiaux isolants — *P. Iolas.*

Electricité de France, 6-966, n.º 16, pág. 31-38.

Descreve-se a medição da condutividade térmica dos isolantes de reactores grafite-gás, pelo método de Nusselt, que consiste em deduzir o coeficiente de condutividade térmica de medidas de gradientes de temperaturas observadas num cubo modelo cujas faces se mantêm isotèrmicamente e cujo centro é ocupado pela fonte de calor de que se conhece a potência.

C. D. U. 539.387.4 : 539.383

Flambement des barres comprimés par une force de courte durée — *Z. Kordecki.*

Annales de l'ITBTB, Set. 966, n.º 225, pág. 1046-1052

Admite-se, para o estudo em questão, que as barras têm uma encurvadura inicial, uma secção em duplo T idealizada e que elas são feitas de um material que apresenta um diagrama tensões-extensões idealizado. Obtém-se as fórmulas a partir das quais se podem achar os deslocamentos elásticos da barra, o momento da criação de uma rótula plástica na secção média da barra e os deslocamentos posteriores a esta plastificação.

C. D. U. 541.12 : 92

John Dalton — *F. Greenaway.*

Endeavour, 5-966, vol. 25, n.º 95, pág. 73-78.

Este ano celebra-se o bicentenário do nascimento de John Dalton, criador da teoria atómica na química. A teoria admitida no século XVIII e exposta no último número desta revista [Mckie, D. Endeavour, 25, 13 (1966)] difere sensìvelmente da teoria de Dalton. O processo de desenvolvimento da teoria foi apresentado de várias maneiras. Este artigo evoca esses relatos de maneira crítica e refere-se a acontecimentos conhecidos da vida de Dalton.

C. D. U. 543.51 : 539.193.08 : 547.022

Spectrométrie de Masse en Chimie Organique — *J. H. Beynon.*

Endeavour, 5-966, vol. 25, n.º 95, pág. 79-82.

A espectrometria de massa é uma técnica que remonta ao princípio do século, mas que apenas desde há algum tempo pode ser utilizado na análise corrente da química orgânica. O artigo presente descreve esta técnica e os aparelhos de que se serve e mostra como se pode aplicar para resolver problemas de estrutura química que de outro modo ficariam insolúveis.

C. D. U. 543.

História de la quimica analitica — V - Analisis organico — *F. Szabadváry.*

Rev. Univ. Ind. Santander, 1965, vol. 7, n.º 4, pág. 249-251.

Descreve-se o desenvolvimento da análise elementar orgânica desde o primeiro ensaio de Lavoisier até ao micro-método de Pregl e também os primeiros esforços para o estabelecimento de sistemas de análise qualitativa orgânica.

C. D. U. 546.13.02 : 546.21.02 : 547

Gli isotopi dell'ossigeno e loro utilizazione in chimica organica — *H. Dahn.*

Cronache di Chimica, 6-966, n.º 12, pág. 3-7.

Como os isotopos radioactivos do oxigénio são muito instáveis, utilizam-se como traçadores os isotopos estáveis ^{18}O e ^{17}O, que são enriquecidos por destilação. Para análises servimo-nos dum espectrómetro de massa. Discutem-se os métodos de análises segundo este sistema. Os métodos de marcação de substâncias orgânicas utilizam a troca do oxigénio com a água, o que é especialmente fácil no caso dos aldeidos e cetonas. A importância do ^{17}O reside no facto que é o único isótopo estável do oxigénio que apresenta ressonância magnética nuclear. Apresenta-se e discute-se uma lista de vários «chemical shifts».

C. D. U. 548.7

Anomalie delle strutture ioniche cristaline — *V. Scatturin.*

Cronache di Chimica, 3-966, n.º 11, pág. 11-22.

As estruturas iónicas cristalinas apresentam distorções devidas a forças que tem origem nos desvios dos iões da sua forma esférica, na incompressibilidade e nas condições de contacto. O estudo destas distorções permitiu uma maior compreensão da ligação química e uma descrição mais pormenorizada dos parâmetros de que dependem propriedades importantes, a ferro e antiferro - electricidade e a antiferro - magnetismo. Depois duma breve descrição das condições a que estes devem satisfazer para formar uma estrutura cristalina perfeita, discutem-se as razões que provocam as distorções de estrutura. Ilustram-se em particular os resultados do estudo de matrizes de composição $KMeF_3$ sendo Me, elementos da 1.ª série de transição. Estes resultados mostram as anomalias iónicas encontradas nas estruturas cristalinas e a tendência da ligação iónica se transformar em ligação covalente.

C. D. U. 550.384

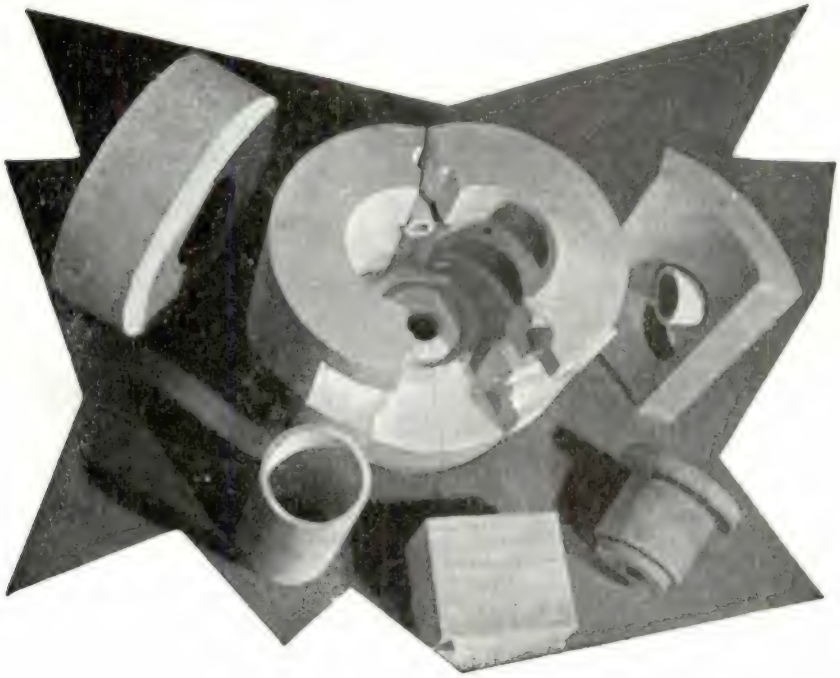
Inversions du champ magnétique terrestre — *R. L. Wilson* e *S. E. Haggerty.*

Endeavour, 5-966, vol. 25, n.º 95, pág. 104-109.

Os estudos sobre a magnetização das rochas levanta interessantes problemas. Se se comparar com o campo

a técnica moderna emprega

BETÕES REFRACTÁRIOS



à base dos cimentos

FONDU LAFARGE

e

SECAR 250

porque são

práticos
eficientes
económicos

REFRACTÁRIOS ATÉ 1800° C
REFRACTÁRIOS ISOLANTES ATÉ 1700° C

Os nossos serviços técnicos, especializados, estão à vossa inteira disposição para estudar, sem qualquer encargo da vossa parte, a adaptação dos BETÕES REFRACTÁRIOS a todos os vossos problemas

AGUIAR & MELLO, L.DA

P. do Município, 13-1.º — LISBOA — Tel. 32 11 51/2

magnético terrestre actual, o magnetismo das rochas muitas vezes aparece invertido. Duas teorias explicando este fenómeno foram propostas: «inversão do campo» e «auto inversão». Este artigo é consagrado à sua discussão.

C. D. U. 551.3.053 : 627.7

Soil erosion in roads — *M. P. P. dos Santos* e *E. de Castro.*

Memória n.º 282 do L.N F.C.

C. D. U. 620.179.2 : 669.15 - 194

Soudabilite de l'acier T-1 — *J. Lemoine.*

Arcos, 1966, n.º 154, pág. 4131-4137.

Cuidados especiais para a soldadura do aço T-1.

Ensaios de soldaduras, manual e automática, com diferentes tipos de eléctrodos e conclusões.

C. D. U. 620.178 : 549.21 : 621.9.02

Medición de la tenacidad y durabilidad de los carburos sinterizados — *M. Dlouhy y J. Houdek.*

Ingenieria Industria, 7-966, n.º 374, pág 42-51.

Em estudos sobre provetes de carbonetos sinterizados chegam-se a interessantes conclusões sobre a aplicação destes materiais como ferramentas de corte

C. D. U. 620.18 : 621.74

A micrografia no estudo e controle tecnológico de metais ferrosos — *Rembert R. Pena.*

Fundição — Boletim A. P. F., n.º 8, 1966, pág. 9.

Após referências à metalografia como ciência que estuda os metais e suas ligas, chama-se a atenção para a importância da micrografia no estudo e controlo tecnológico das ligas ferro-carbono, focando casos concretos. Finalmente, tratam-se problemas relacionados com a técnica micrográfica, nomeadamente equipamento necessário e preparação e adestramento do pessoal.

C. D. U. 621.313.2 : 621.318.124

Small D. C. Motors embodying Ferroxdure Permanent Magnets — *Reynst. M. F.*

Electronic Aplications, vol. 26, n.º 1, págs. 26-42.

O artigo apresenta um método de dimensionamento dos motores de corrente contínua de potência fraccionária (entre 10 W e 100 W em particular) empregues largamente em veículos, brinquedos e outras aplicações.

C. D. U. 621.313.322.025.3.012.1

Traçado de um diagrama de limites de potências de um alternador síncrono trifásico — *José Manuel dos Santos Coelho.*

Electricidade, 9-10, 96, X ano, n.º 43, págs. 305-312.

Após definição, referência à sua utilidade e breve análise, de um diagrama de limites de potências de alternadores síncronos, apresenta-se um conjunto de regras práticas relativas à execução do seu traçado. Pormenoriza-se o condicionamento prévio necessário e completam-se as regras, acima referidas, com diversos quadros e um formulário correspondente ao assunto versado. Termina este trabalho, uma aplicação prática do método exposto.

C. D. U. 621.316.542.064.45

Air-blast circuit-breakers type HVH — *Lindström, I.*

ASEA Journal, 39, 6-7, 966, págs. 96-100.

Princípios básicos de um novo tipo de disjuntor de ar comprimido.

C. D. U. 621.385.832.2 : 681.327.11

Experimental character display unit using an electromagnetic cathode-ray tube — *Verdonk, F. T.*

Electronic Applications, vol. 26, n.º 1, págs. 3-25.

Descreve-se um sistema capaz de representar, no cinescópio dum tubo de televisão, números codificados na base binária, por meio de algarismos desenhados ponto a ponto.

Os números são registados em matrizes de toros de de ferrite.

As correntes aplicadas às bobinas de deflexão horizontal e vertical são sicronizadas pelos mesmos impulsos que comandam a leitura das matrizes.

C. D. U. 621.385.833 : 620.18

Industrial applications of electron metallography (cont.) — *M. A. P. Dewei.*

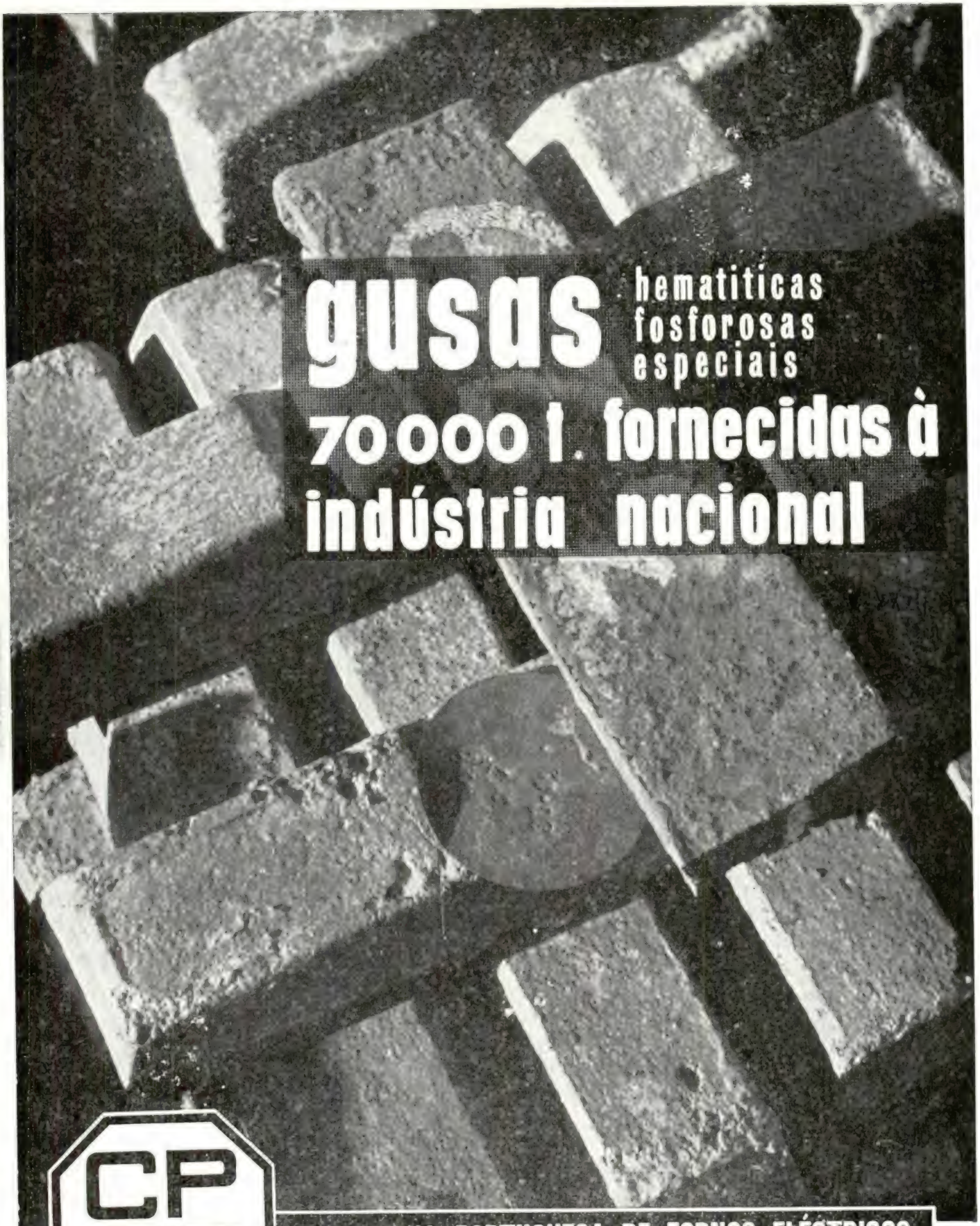
Metallurgia, 4, 966, vol. 73, n.º 438, págs. 149-154.

A microscopia electrónica tornou-se num importante auxílio ao metalurgista e este artigo dá exemplos de muitas aplicações da metalografia electrónica a problemas industriais. Estes agrupam-se de três modos: relações entre microestrutura e propriedades físicas; natureza da superfície dos metais e sua relação com a resistência ao ataque químico e mecânico; natureza das superfícies de fractura. Dão-se exemplos de cada um destes tipos, tenta-se fixar o valor da metalografia electrónica e apontam-se campos onde ela possa ser aplicada mais extensivamente.

C. D. U. 621.67 + 621.611 + 621.51

Ultimos progressos no domínio das bombas, dos compressores e sopradores — *Eng. E Schwegler.*

Suíça Técnica, 12, 966, pág. 23 a 41.



CP
FE

COMPANHIA PORTUGUESA DE FORNOS ELÉCTRICOS

Capital 60 MIL CONTOS S A R L

Largo de S. Carlos, 4 Lisboa·2

C. D. U. 621.74 : 620.18

Exemplos de fracturas de peças de fundição. Incidência das características estruturais — *Antera V. de Seabra Geada.*

Fundição — Boletim A. P. F., n.º 8, 966, pág. 23.

Apresenta uma breve exposição sobre a influência da constituição da matriz e da quantidade e tipo de grafite nas propriedades mecânicas do ferro cinzento e consequentes aplicações. Seguem-se alguns exemplos de peças em ferro cinzento que sofreram rotura, expondo-se e justificando-se as respectivas causas. Como conclusão salienta-se que na obtenção de peças em boas condições de utilização e segurança se deverá atender ao conhecimento das solicitações a impôr à peça, à escolha e especificação do material e a uma fabricação cuidada. Em anexo inclui-se tradução da recomendação do C. I. A. T. F. sobre classificação da grafite no ferro cinzento.

C. D. U. 621.74 : 66

Aplicaciones de las fundiciones austeniticas en las industrias químicas y del petróleo — *G. L. Swales.*

Dyna, 6, 966, vol. 41, n.º 6, págs. 335-352.

O autor refere-se às características das fundições austeníticas e apresenta uma revisão geral das características de resistência à corrosão dessas ligas.

C. D. U. 621.744 : 658.564

A mecanização das instalações de moldação — *C.T.I.F.*

Fundição — Boletim A. P. F., n.º 12, 1966, pág. 29.

No prosseguimento de uma série de artigos baseados em textos da revista «Fondeur d'aujourd'hui», descrevem-se dois tipos de instalações de moldação dotadas de transportador contínuo de placas para moldações com caixas, com retorno das caixas quer pelo próprio transportador quer, separadamente, por um transportador de roletes.

C. D. U. 561.791.7 : 624.014

Soudage automatisé des poutrelles composites à âme pleine — *R. Sadoine.*

Arcos, 966, n.º 154, págs. 4109 a 4116.

Problemas relacionados com a soldadura de vigas compostas de alma cheia.

Deformações mais frequentes e modo de as evitar.

C. D. U. 621.791.5

Quelques tendences nouvelles dans l'utilisation du coupage termique — *H. Renaudie.*

La Machine-Outil Française, 12, 966, n.º 217, pág. 115 a 121.

Através deste artigo poder-se-ão notar as novas tendências para a utilização da soldadura técnica nos processos de corte.

C. D. U. 621.86.065.4 : 669.182

Tratamientos isotérmicos de alambrones de acero en hornos a baños de sales — *Theolier y Rozier y Devic.*

Ingenieria Industria, 6, 966, n.º 373, págs. 50-57.

Estudo dos parâmetros que intervêm nos tratamentos isotérmicos de cabos de aço com percentagem de carbono de 0,4 a 0,8 %.

C. D. U. 621.882.8 : 621.771

Rodamientos axiales a rodillos cilindricos para laminadores — *Kurt Böhm.*

FAG, 12, 966, n.º 1, págs. 17 a 24.

Este artigo mostra o processo de montagem dos rolamentos axais e cilindricos nos laminadores.

C. D. U. 621.9 : 007

Maquinas-Herramientas con control numérico — *Eng.º José Redondo Ibañez.*

Analises de Mecanica e Electricidad, 12, 966, vol. XLIII, 12, 966, vol. XLIII, n.º 5, págs. 285 a 291.

Este artigo tem por finalidade dar conhecimentos básicos necessários para a compressão da aplicação do controle numérico nas máquinas ferramentas.

C. D. U. 624.07 [014]

Etudes et realisation d'un garage-type — *R. Jolliot.*

Acier-Stahl-Steel, 2, 966, 31.º ano, n.º 2-66, págs. 66-67.

Descreve-se uma garagem-tipo realizada pela Société d'Études pour la Construction et le Rentorcement des Ouvrages Métalliques (SECROM). Trata-se duma construção quadrada, de 50 m de lado, cuja ossatura é composta de pórticos paralelos de 25 m de vão. O peso de estrutura é de 32 ks/m².

C. D. U. 624.016.71 [012.3]

Utilisation de goujons connecteurs dans les constructions mixtes acier-béton — *J. Zucka.*

Acier-Stahl-Steel, 11, 966, 31.º ano, n.º 11-66, pág. 515-520.

A técnica da construção mista aço-betão tem conhecido ùltimamente um grande sucesso nos E. U. A., no Canadá e em Inglaterra. Vulgariza-se também no continente europeu.

Nas construções mistas é económico constituir um perfil concebido de tal modo que o betão trabalhe ùnicamente à compressão (o eixo neutro passando no limite da função betão-aço).

Neste caso, para ter em conta os espaços tagenciais ao nível desta função, é necessário prever elementos de ligação.

Dão-se detalhes sobre estes elementos cálculo, construção, ensaios, etc.

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA

S. A. R. L.

FABRICANTE DE ISOLADORES PARA EQUIPAMENTO DE SUB-ESTAÇÕES TRANSFORMADORES E DE LINHAS DE TRANSPORTE DE ENERGIA EM ALTA TENSÃO

fabrica igualmente

- isoladores de baixa tensão
- pequena aparelhagem eléctrica em baquelite e porcelana
- tubo plástico "Polivoli" para protecção de condutores
- material em refractário especial para aparelhos de aquecimento

DANIEL VIDAS

SEDE L. BARÃO DE QUINTELA, 3-1.º LISBOA
FÁBRICA-GANDAL-VILA NOVA DE GAIA

EC 61·1

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada

(REGISTADO)

■■■

SERRALHARIAS,
CALDEIRARIA,
FERRARIA,
FUNDIÇÕES

■■■

ESCRITÓRIO

Rua de S. Tiago, 13

LISBOA

Telefone 86 19 72

SONDAGENS RÓDIO, L.DA

LISBOA

RUA DE S. BENTO, 644-3.º

Telefones: 68 80 96/7/8 ✦ Telegramas: **SETANSOL**

RODIO

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Engenheiro Consultor: **Walter Weyermann**

C. D. U. 624.073 [012.4]

Étude des planchers-dalles à panneaux multiples en béton armé. Leur calcul leur évolution et leur comparaison — *A. Sozen P. Siess.*

Béton Armé, 6 a 9, 966, 8.° ano, n.° 67, pág. 19-35.

C. D. U. 624.074.4 [012.46]

Le réseau de câbles prétendus en forme de paraboloïde hyperbolique sur contour elliptique (2e partie) — *Adrian Chisalita.*

Béton Armé, 6 a 9, 966, 8.° ano, n.° 67, pág. 4-10.

C. D. U. 624.131.376 : 624.131.439.7

Dynamic triaxial tests of compacted unsaturated soils — *J. Folque.*

Memória n.° 283 do L. N. E. C., 11-966.

C. D. U. 624.152.612.3

Identification of petrification in soils — *U. Nascimento* e *F. Branco.*

Memória n.° 281 do L. N. E. C., 11-966.

C. D. U. 625.2.0 (44)

Contribution a l'étude du confort transversal des véhicules — *M. A. Mauzin.*

Révue Générale des Chemins de Fer, 10-966, 84.° ano, pág. 509-524.

Uma carruagem pode ser considerada como uma unidade mecânica consistindo de um sistema perturbador, o bogie, e um sistema perturbado, a caixa, sendo o objectivo reduzir ao máximo as reacções nos carris e obter o melhor grau de conforto na caixa. Este problema é perfeitamente conhecido matemàticamente, conduzindo a soluções simples, pelo menos em teoria. É necessário que a frequência de oscilação própria do sistema perturbado seja maior que os do sistema perturbador, sendo o sistema de amortecimento dependente da diferença entre os dois valores. Referem-se ensaios feitos na S. N. C. F.

C. D. U. 627.83

Descarregadores de lâmina livre sobre todo o coroamento de barragens. Dissipação — Restituição nas encostas — *José Rodrigues de Almeida.*

Electricidade, 3-41, 966, X ano, n.° 40.

(O artigo continua nos números 41, 42 e 43)

O objectivo do presente trabalho é a definição da parte de jusante das bacias de dissipação e restituição localizadas nas encostas, para descarregadores de lâmina livre sobre todo o coroamento de barragens.

C. D. U. 665.51/6 (46)

El petroleo en España — *J. Larrea.*

Dyna, 6, 966, vol. 41, n.° 6, págs. 309-312.

O consumo espanhol de petróleo está em aumento. Tem por isso interesse uma apresentação de refinarias, rede de oleodutos e petroquímicas espanholas assim como uma referência ao campo de Ayoluengo onde se extrai actualmente petróleo de 18 poços.

C. D. U. 667.638.6

Colores para pinturas exteriores — *W. R. Ahrberg.*

Ion, 8, 966, vol. 26, n.° 301, pág. 454.

A cor escolhida para o acabamento de qualquer estrutura industrial que se ache exposta ao sol, está relacionada com a maior ou menor dificuldade de regular a temperatura no interior da dita estrutura. Por isso autor elabora um índice prático de termoreflectividades em relação às 24 tintas de acabamento empregues mais geralmente nas estruturas metálicas.

C. D. U. 669.131.6 : 539.56

Exemplos de fracturas em peças de fundição. Incidência das caracteristicas estruturais — *A. V. de Seabra.*

Memória n.° 284 do L. N. E. C., 11, 966.

C. D. U. 669.14 : 66.069.84 [621.785]

Corada en vacio y exigencias de productos que la justifican an el momento actual — *Eng. Jeronimo Vasques Lopez.*

Analises de Mecanica y Electricidad, 12, 966, vol. XLIII, n.° V, págs. 265 a 283.

Este artigo expõe as vantagens que se conseguem com a desgasificação do aço em vazio, indicando a conveniência deste sistema em muitos casos e inclui a necessidade da sua aplicação quando se trata de fabricar certos aços finos.

C. D. U. 669 : 519.2

Statistical method in metallurgical development — *W. E. Duckworth.*

Metallurgia, 2-966, vol. 73, n.° 436, pág. 53-63.

C. D. U. 669 : 536.421

Thin metal films and the theory of liquid metals — *T. C. Toye.*

Metallurgia, 2 966, vol. 73, n.° 439, pág. 67-69.

Os resultados das medições do aumento da condutividade eléctrica com o aumento da espessura dos filmes durante a deposição, sugeriram um modelo cristalino para os metais líquidos A aplicação da noção de deslocamento a estes metais está de acordo com os trabalhos publicados acerca da viscosidade dos diversos metais.

C. D. U. 691.328.23 + 691.3.8

Béton tendu et béton armé. — *A. Guerrin.*

Béton Armé, 6 a 9-966, 8.° ano, n.° 67, pág. 13-18.

LISTA CLASSIFICADA DE ANÚNCIOS

Neste número continua a «Técnica» a sua secção de publicidade — a *lista classificada de anúncios* — destinada a facilitar a procura por parte dos clientes.

Estas páginas amarelas ficam abertas aos nossos leitores, que nelas podem anunciar a sua firma e endereço, ao preço de 50$00 por número. Quanto aos nossos anunciantes, é com muito gosto que lhes concedemos grátis a inscrição na lista.

CONSTRUÇÃO CIVIL

CONSTRUTORES CIVIS

— **Construções Técnicas, Lda.**
P. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12.

— **Soc. Const. Amadeu Gaudencio, Ld.ª**
R. Dr. Alexandre Braga, 4-A — Lisboa
Telef. 4 31 91 — 92 — 93.

— **Soc. de Pré-Fabricação e Obras Gerais Novobra**
Av. Estados Unidos da América, 100-5.º D — Telef. 77 48 32 / 76 64 46 — Lisboa 5

ESCAVADORAS

— **Fassio, Lda.**
R. Jardim do Regedor, 20—Lisboa. Tel. 36 19 02

— **Guedes & Almeida**
Rua Aurea, 181-2.º— Tel. 32 78 45 — Lisboa 2

— **S. T. E. T. — Soc. Técnica de Equipamentos e Tractores, Ld.ª**
Prior Velho — Sacavém — Tel. 2 51 00 01/4.

— **Monteiro Gomes, Ld.ª**
Rua Cascais, 47 (Alcântara).

FUNDAÇÕES

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Pr. da Figueira, 18, 3.º — Lisboa — Tel. 36 27 95.

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcantara, 1 — Tel. 32 46 93 e 21 32 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira.

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12.

— **Johann Keller**
R. dos Bem Lembrados - Cascais — Tel. 28 01 46

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 55 38 73 — 5 95 62 — 73 35 45.

— **Sondagens Ródio**
Rua de S. Bento, 644-3.º — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8

— **Sopecate**
R. do Arsenal, 146, 2. — Lisboa.

IMPERMEABILIZAÇÃO

— **Empresa de Produtos Asfálticos**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56.

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

— **Wild Portugal, Ld.ª**
Praça das Águas Livres, 8, s/l 6 — Lisboa 2 — Tel. 68 11 27.

ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

— **ISOLA**
Av. António Augusto de Aguiar, 17, 2.º e 3.º esq.
Tel. 53 71 91 — Lisboa.

— **SETH, Ld.ª**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56

MOBILIÁRIO

— **Fábrica Portugal**
R. Febo Moniz

SONDAGENS

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Praça da Figueira, 18- 3.º D. - Lisboa
Tel. 36 27 95.

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcântara, 1 — Tel. 32 46 93 e 21 13 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira.

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12

— **Johann Keller**
R. dos Bem Lembrados - Cascais — Tel. 28 01 46

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 55 38 73 — 5 95 67 — 73 35 45.

— **Sondagens Ródio, Ld.ª**
Rua de S. Bento, 664-3.ª — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8.

— **Sopecate**
R. do Arsenal, 176,-2.º — Lisboa.

CONSTRUÇÕES METALO-MECANICAS

CONSTRUTORES METALO-MECÂNICOS

— **Companhia União Fabril**
Av. 24 de Julho, 170 — Lisboa 2 — Tel. 67 04 21

— **Construções Metalo-mecânicas MAGUE, Ld.ª** — Alverca

— **George Fischer, S. A.-Schaffhouse (Suíça)-Soc. Comercial Romar**
R. da Boavista, 81-1.º — Tel. 67 21 61 — Lisboa

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **LISNAVE**
Rocha do Conde de Óbidos — Lisboa

— **Sociedade Industrial Metalúrgica**
R. de S. Tiago, 1

REPARAÇÕES E CONSTRUÇÕES NAVAIS

LISNAVE
Rocha Conde de Óbidos — Lisboa

EQUIPAMENTO ELECTRICO

— **AEG — Lusitana de Electricidade**
R. João Saraiva, 4-Tel. 71 11 71/71 40 01-Lisboa.

— **ASEA**
Rua de Artilharia Um, 104-4.º Dt. — Lisboa — Tel. 68 90 17/8/9.
R. do Campo Alegre, 144, Porto — Tel. 6 21 06/9

— **EFACEC**
— S. Mamede de Infesta.

— **Electrotécnicos Reunidos**
Avenida João XXI, 64 — Lisboa.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Secheron Portuguesa — Porto**

— **Soc. de Elec. Brown Boveri**
R. Sá da Bandeira, 481-2.º — Tel. 2 34 11 — Porto

— **Sociedade Michäelis de Vasconcelos, Ld. — Oerlikon**

Av. Marquês de Tomar, 94 — Lisboa.
P. da Liberdade, 114 — Porto.

— **Standard Eléctrica**
Av. da Índia — Lisboa.

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

BATERIAS

— **TUDOR — Soc. Port. de Acumuladores**
Av. Fontes Pereira de Melo, 12
Tel. 5 19 47 — Lisboa.

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

ELÉCTRODOS

— **Electro-Arco, Ld.ª**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa — Tel. 68 36 49.
R. do Bolhão, 216 — Porto — Tel. 2 12 77.

INSTALAÇÕES

— **Isolux, Lda.**
R. Gonçalves Crespo, 33, 3.º — Lisboa
R. de Sá da Bandeira, 551, 4.º — Porto.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Secheron Portuguesa — Porto**

ISOLAMENTOS

— **Empresa Electro-Cerâmica, S.A.R.L.**
L. Barão de Quintela.

SOLDADURAS

— **Electro Arco**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa
R. do Bolhão, 216 — Porto

TELECOMUNICAÇÕES

— **A E G Lusitana de Electricidade**
R. João Saraiva, 4—Tel. 71 11 71/71 40 10-Lisboa

— **Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos, S.A.R.L.**
R. Rodrigo da Fonseca, 110, r/c — Lisboa — Tel. 68 60 72.
R. Sá da Bandeira, 766-1.° E — Porto — Tel. 2 48 18

— **Standard Eléctrica, S.A.R.L.**
Av. da Índia — Lisboa.

EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

— **DEMAG — Soc. Comercial Romar**
Trav. da Galé, 9 — Tel. 63 56 70 — Lisboa.
Santa Iria de Azoia

— **Fassio, Lda.**
R. Jardim do Regedor, 20 — Lisboa. Tel. 36 19 02

— **MEC — Fábrica de Aparelhagem Industrial, Lda.**

— **S. T. E. T.—Soc. Técnica de Equipamentos e Tratores, S. A. R. L.**
Prior Velho—Sacavem—Tel. 2510001/4.

BOMBAS

— **CIDEX — Comércio Internacional e Representações Industriais**
Av. Casal Ribeiro, 46-2.°-Tel. 73 53 07-Lisboa 1

CORRENTES

— **Harker Summer**
L. Corpo Santo, 18 — Tel. 32 48 23 — Lisboa.

FUNDIÇÃO

— **George Fischer, S. A.-Schaffhouse (Suíça)-Soc. Com. Romar.**
R. da Boavista, 81-1.° — Tel. 67 21 61 — Lisboa

MÁQUINAS-FERRAMENTAS

— **Soc. Portuguesa de Válvulas**
R. Academia de Ciências, 5 — Lisboa.
Tel. 3 17 10.

INDÚSTRIAS QUÍMICAS

— **Imperial Chemical Industries, Lda.**
R. Filipe Folque, 2-1.° — Tel. 53 89 95 — Lisboa.

— **Quimicor**
R. Sociedade Farmaceutica, 3 — Lisboa.

FELTROS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais**
Estrada de S. João — Ovar

LUBRIFICANTES

— **B. P.**

— **Mobil Oil**

TÊXTEIS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais, Ld.ª**
Estrada de S. João — Ovar.

LIVROS TECNICOS

— **TECNICA**
Avenida Rovisco Pais — Lisboa
Tel. 77 54 49

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

AÇOS ESPECIAIS

— **A. Johnson & C.ª (Portugal), Ld.ª**
P. José Fontana, 11-1.° — Lisboa — Tel. 53 70 15/ /6/7/8.
R. Dr. António Granjo, 160/168-Porto-Tel. 5 46 69

— **Companhia Portuguesa de Trefilaria**
R. do Instituto Industrial, 18-1.°, Dt.° — Lisboa
Tel. 67 12 24/5.

— **Companhia Portuguesa de Fornos Electricos**
L. S. Carlos, 4-2.°

— **Heliaço**
R. S. Julião, 41-4.° — Tel. 36 78 17 — Lisboa.

BETÃO

— **Aguiar e Melo, L.da**
P. do Município, 13-1.º-Dt.º — Tel. 32 11 51/2 — Lisboa.

— **Companhia Portuguesa de Trefilaria**
R. do Instituto Industrial, 18-1.º, Dt.º — Lisboa Tel. 67 12 24/5.
Lisboa 1

— **Heliaço**
R. S. Julião, 41-4.º — Tel. 36 78 17 — Lisboa.

— **Sociedade Portuguesa CAVAN**
R. de D. Estefânia, 94-A — Lisboa — Tel. 4 78 12 e 5 01 29.

CIMENTOS

— **Aguiar e Melo, L.da**
P. do Município, 13-1.º-Dt.º — Tel. 32 11 51/2 — Lisboa.

— **CIBRA — Cimentos Brancos**
Tv. do Corpo Santo, 15 — Lisboa — Tel. 32 04 64.
R. do Bonjardim, 205 — Porto — Tel. 2 57 79.

— **Empresa de Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa — Tel. 5 91 61/66.

— **Secil**
R. do Comércio, 156—Lisboa 2 —Tel. 32 82 01/2/3

ARTIGOS DE ESCRITÓRIO

— **Rotring — Representante Artur Westheimer** — Lisboa.

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

AV. DA REPÚBLICA, 42, 8.º
TELEFS. 77 70 86/7 e 77 12 65

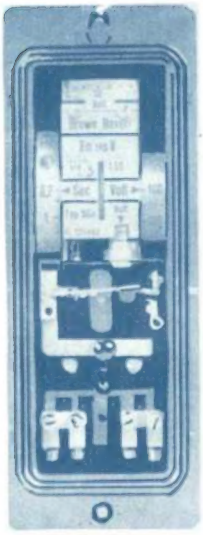
LISBOA

Offset de

Protegei as vossas máquinas, aparelhos, e instalações, dos perigos externos e internos utilizando relés

BROWN BOVERI

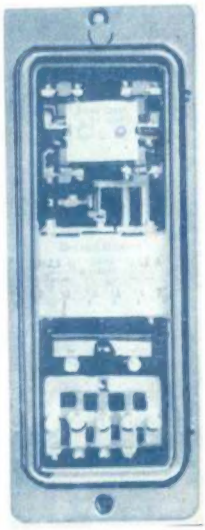
BROWN BOVERI



Sobretensão

Sobrecarga curto-circuito

Sobrecarga térmico



Sobrecarga instantâneo

Frequência

Cargas assimétricas

Diferencial

Terra

Os nossos Serviços Técnicos podem auxiliar a resolver os vossos problemas sobre protecções.